



acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN  
in Kooperation mit Fraunhofer IML und equo

# Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0

## Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen

April 2016

**Autoren/Herausgeber:**

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN  
Geschäftsstelle  
Karolinenplatz 4  
80333 München

T +49 (0) 89 / 5 20 30 90

E-Mail: [info@acatech.de](mailto:info@acatech.de)  
Internet: [www.acatech.de](http://www.acatech.de)

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4  
44227 Dortmund

T +49 (0) 231 / 97 43 0

E-Mail: [info@iml.fraunhofer.de](mailto:info@iml.fraunhofer.de)  
Internet: [www.iml.fraunhofer.de](http://www.iml.fraunhofer.de)

equeo GmbH  
Berlinickestrasse 11  
12165 Berlin

T +49 (0) 30 / 67 95 11 16

E-Mail: [kontakt@equeo.de](mailto:kontakt@equeo.de)  
Internet: [www.equeo.de](http://www.equeo.de)

**Projekt:**

Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0

**Empfohlene Zitierweise:**

acatech (Hrsg.) *Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen*, München 2016.

© acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2016

Koordination: Dr. Johannes Winter, Dr. Andreas Heindl

Redaktion: Dr. Andreas Heindl, Linda Treugut

Layout/Konzeption: acatech

Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin

# INHALT

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>5</b>
<b>1 KOMPETENZENTWICKLUNG FÜR DIE INDUSTRIE 4.0</b>	<b>7</b>
<b>2 BEDARFE DEUTSCHER UNTERNEHMEN</b>	<b>9</b>
2.1 Ausgangslage deutscher Unternehmen	10
2.2 Zukünftige Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe	12
2.3 Nutzung von Instrumenten der Kompetenzentwicklung	16
<b>3 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN</b>	<b>18</b>
<b>4 EXEMPLARISCHER ANSATZ FÜR DIE KOMPETENZENTWICKLUNG</b>	<b>23</b>
<b>5 ANHANG</b>	<b>26</b>
5.1 Glossar	26
5.2 Literatur	27
<b>PROJEKT</b>	<b>29</b>



# ZUSAMMENFASSUNG

Industrie 4.0 bezeichnet einen tiefgreifenden ökonomischen Paradigmenwechsel, der sowohl die Produktion als auch die Geschäftsmodelle nachhaltig verändert. Die vierte industrielle Revolution transformiert aber nicht nur die Prozesse in der Produktion und Wertschöpfung, sondern auch die Arbeitswelt, die Organisationsformen und Strukturen in Unternehmen sowie die Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Im Rahmen der Studie wurden daher zunächst der Status quo der Unternehmen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 sowie die künftigen Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe der Betriebe erhoben, wobei vor allem die Bedarfe kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) im Fokus standen. Auf Basis dieser Befunde wurden Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Bildungsinstitutionen abgeleitet. Zudem wurde ein exemplarisches Konzept zur Kompetenzentwicklung erarbeitet, das Unternehmen eine Orientierung bietet und Optionen für die Qualifizierung aufzeigt.

Ausgangspunkt der Studie ist die Annahme, dass der digitale Wandel nicht einem deterministischen Muster folgt, sondern gestaltet werden kann und muss. Bei der Umsetzung von Industrie 4.0 bestehen vielfältige technisch-organisatorische Möglichkeiten, die durch die Wechselwirkungen zwischen Technik, Mensch und Organisation beeinflusst und durch Entscheidungen auf betrieblicher und arbeitspolitischer Ebene bestimmt werden. Die Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0 hat dabei eine wichtige Funktion für die Ausgestaltung der digitalen Transformation inne. Aufgrund der Dynamik und Geschwindigkeit der Veränderungen ist zudem eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Gestaltungsansätze erforderlich.

Die Studie zeigt, dass die Unternehmen die Digitalisierung überwiegend als eine Chance sehen. Gleichzeitig wird deutlich, dass noch ein hoher Entwicklungsbedarf bei der Implementierung von Industrie 4.0 besteht – insbesondere bei KMU. Als ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Gestaltung des digitalen Wandels am Standort Deutschland erweist sich dabei die Qualifizierung der Belegschaften durch gezielte Aus- und Weiterbildung.

Als zentraler Befund gehen aus der Studie die Unterschiede zwischen großen Unternehmen und KMU hervor. So weisen kleine und mittlere Betriebe im Vergleich zu großen Firmen einen deutlich niedrigeren Digitalisierungsgrad und damit einen erheblich

höheren Nachholbedarf bei der Umsetzung von Industrie 4.0 auf. Zudem sind im Vergleich zu Großunternehmen andere Bedarfe und Schwerpunktsetzungen von KMU bei der Entwicklung von Kompetenzen und der Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern feststellbar.

Insgesamt zeigt sich, dass die Themen Datenauswertung und -analyse, bereichsübergreifendes Prozess-Knowhow und -management sowie interdisziplinäres Denken und Handeln, aber auch Kundenbeziehungsmanagement und Führungskompetenz von zentraler Bedeutung sind. Zudem ist auch die Stärkung von IT-Kompetenzen im Sinne integrierter und interdisziplinär angelegter Fähigkeiten in der Breite entscheidend. Interessant ist jedoch, dass große Unternehmen stärker technologie- und datenorientierte Kompetenzen – wie etwa das Thema künstliche Intelligenz – fokussieren. KMU hingegen betonen insbesondere prozess- und kundenorientierte Kompetenzen wie etwa die Fähigkeit zur Koordination von Arbeitsabläufen sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie die Dienstleistungsorientierung.

Bezüglich der Qualifizierung von Belegschaften ist es wichtig, die bestehenden Angebote in der Aus- und Weiterbildung im Hinblick auf Industrie 4.0 konzeptionell aufeinander zu beziehen und inhaltlich in Richtung Digitalisierung zu erweitern. Neue Möglichkeiten für die individualisierte Vermittlung von Lerninhalten und die gezielte Unterstützung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Arbeitsprozess eröffnet dabei der verstärkte Einsatz innovativer Lehr-Lern-Lösungen. Vor diesem Hintergrund gilt es, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen für Industrie 4.0 zu sensibilisieren sowie bedarfsspezifische Angebote in der Aus- und Weiterbildung zu etablieren.

Ein zentrales Ziel der Kompetenzentwicklung ist die Vermeidung einer doppelten digitalen Kluft (digital divide) zwischen großen Unternehmen und KMU sowie zwischen hochqualifizierten und niedrigqualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in den Betrieben. Wichtige Stellschrauben sind dabei die Rahmenbedingungen und die Ausrichtung der Aus- und Weiterbildung, die Unterstützung der Unternehmen bei der Gestaltung des Wandels sowie die Anpassung der Inhalte, Methoden und Geschäftsmodelle von Bildungsanbietern und -institutionen.

Mögliche Ansatzpunkte für die proaktive Gestaltung der Rahmenbedingungen sind zum Beispiel die Etablierung eines Weiterbildungssystems, die Stärkung und Anpassung des

Dualen Systems, die Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals sowie die fächerübergreifende Integration von IT-, Medien- und Digitalisierungsinhalten in Schulen, Hochschulen und Betrieben. Die Unternehmen – insbesondere KMU – könnten etwa durch die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren oder neue Optionen zur vorwettbewerblichen Kooperation unterstützt werden. Zudem sind die Einbeziehung aller relevanten Stakeholder und das Change Management in den Betrieben wichtige Elemente für die Gestaltung der digitalen Transformation. Die verschiedenen Bildungsinstitutionen sollten wiederum ermutigt werden, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln sowie innovative Lehr-Lern-Lösungen und Optionen für das flexible lebenslange Lernen anzubieten.

In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen des Projektes ein exemplarisches Konzept zur Kompetenzentwicklung und Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern

entwickelt und in Form eines Demonstrators für eine offene, erweiterbare Online-Lösung umgesetzt. Darin werden die mediendidaktischen Grundlagen und zielgruppenspezifischen Lernpfade beschrieben sowie charakteristische Wissensinhalte für die Industrie 4.0 (Wissensnuggets) aufbereitet. Dabei wurden die Führungskräfte im Management und auf der Planungsebene sowie die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf dem Hallenboden bedarfsspezifisch adressiert: Während für die erste Zielgruppe schwerpunktmäßig in digitalen Formaten aufbereitete Lernpfade zum Einsatz kommen, wird die zweitgenannte Gruppe mithilfe mobiler Endgeräte ereignisbasiert mit Wissen versorgt. Das Konzept zur Kompetenzentwicklung und die methodische beziehungsweise technische Umsetzung des Demonstrators zeigen somit mögliche Optionen für die konkrete Umsetzung von Digitalisierungsinhalten, Assistenzsystemen und flexiblen Lernmethoden in der Aus- und Weiterbildung innerhalb der Unternehmen auf.

# 1 KOMPETENZENTWICKLUNG FÜR DIE INDUSTRIE 4.0

Industrie 4.0 beschreibt einen ökonomischen Paradigmenwechsel, der sowohl Chancen zur Effizienzsteigerung in den Prozessen als auch Potenziale zur Entwicklung und Transformation der Wertschöpfung sowie neuer Geschäftsmodelle der (Industrie-) Unternehmen mit sich bringt. Durch den digitalen Wandel werden starre Wertschöpfungsketten zunehmend aufgebrochen, und es entstehen hochflexible Wertschöpfungsnetzwerke, Plattformmärkte und innovative Smart Services (acatech 2015). Im Mittelpunkt der Studie stehen dabei insbesondere die effizientere Gestaltung der Prozesse und die tiefgreifende Transformation „klassischer“ Industrien durch das Internet der Dinge, Daten und Dienste. Die Vernetzung von Produkten, Prozessen und Infrastrukturen in Echtzeit läutet die vierte industrielle Revolution ein, mit der die Zulieferung, Fertigung, Wartung und Auslieferung sowie der Kundenservice über das Internet miteinander verknüpft werden (acatech 2013).

Deutschland bringt gute Voraussetzungen mit, um sich als Leitmarkt und Leitanbieter für innovative Lösungen im Bereich Industrie 4.0 zu etablieren: Es verfügt nicht nur über einen erfolgreichen Produktionssektor, sondern auch über entscheidende Stärken bei der Business-IT und das notwendige Knowhow in den relevanten Schlüsseltechnologien. In der Industrie 4.0 können daher hochwertige Arbeitsplätze erhalten und neu geschaffen sowie stabiles Wirtschaftswachstum generiert werden. Auch mit Blick auf den demografischen Wandel sowie nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften eröffnet die Industrie 4.0 neue Perspektiven, etwa durch die Verringerung körperlicher Belastungen von Beschäftigten oder des Ressourcenverbrauchs von Maschinen und Anlagen.

Die vierte industrielle Revolution führt auch zu nachhaltigen Veränderungen in der Arbeitswelt. Eine zentrale Neuerung besteht in der Flexibilität von Produktion und Logistik, die durch die Selbststeuerung der Ressourcen ermöglicht wird. Die Anpassungsfähigkeit der Maschinen stellt neue Anforderungen an die Menschen, die dadurch entstehende Komplexität zu erfassen, nachzuvollziehen und darauf zu reagieren. Von der Geschäftsführung über die Planungsebene bis hin zum Hallenboden ergeben sich neue Herausforderungen für den Menschen, die sich wandelnde Umgebung zu verstehen und mit ihr zu interagieren.

Dieser neue Grad der Flexibilität und Automatisierung erfordert innovative Qualifikationslösungen, die situationsbezogen

zur Verfügung stehen und das Systemverhalten der autonom handelnden cyber-physischen Systeme (CPS) für den Menschen transparent machen. Erste Analysen, die etwa im Rahmen der Arbeitsgruppe 6 des Nationalen IT-Gipfels 2014 vorgenommen wurden, sehen Weiterbildungsbedarfe auf den drei Handlungsebenen im Unternehmen:

- Die Vermittlung des Nutzens von Industrie 4.0 und des Verständnisses der Funktionsweise cyber-physischer Systeme an Geschäftsführungen sowie Entscheiderinnen und Entscheider vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen wird als eine wichtige Aufgabe angesehen.
- Darüber hinaus müssen Beteiligte auf der Planungsebene Einsicht in Funktionsweisen sowie Vor- und Nachteile der neuen Systeme erhalten, um den Nutzen für das eigene Unternehmen analysieren und die Umsetzungen schrittweise planen zu können.
- Schließlich sollten auch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf dem Hallenboden auf die Interaktion und den Umgang mit den neuen Systemen vorbereitet werden. Dafür ist eine Wissensoffensive notwendig, um in der Breite über das Thema zu informieren.

Hinzu kommt, dass der Wandel und die Flexibilisierung der Produktionsabläufe auch zusätzliche Qualifikationen im innerbetrieblichen Umfeld erforderlich machen dürften, obgleich die Folgen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vollständig abzusehen sind.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt fehlen systematische Erhebungen zu den Kompetenz- und Qualifikationsbedarfen deutscher Unternehmen; über die Bedarfe in kleinen und mittleren Unternehmen ist derzeit noch wenig bekannt. Ferner mangelt es aber auch an geeigneten Qualifizierungsangeboten, durch die erfahrene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ebenso wie Berufsneulinge gezielt auf die Industrie 4.0 vorbereitet werden.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für den Übergang zur Industrie 4.0 besteht in der Sensibilisierung vor allem des deutschen Mittelstandes für die Herausforderungen, die Potenziale und den Nutzen der digitalen Vernetzung. Gerade das Verhalten selbststeuernder Systeme stellt für die Vermittlung die größte Herausforderung dar. Deshalb sollen Methoden entwickelt und implementiert werden, die es erlauben, den Nutzen und

ein Verständnis für die Funktionsweise dieser neuartigen Systeme auf Basis zeitgemäßer online-gestützter Aus- und Weiterbildungstechnik zu transportieren.

Ziel der Kompetenzentwicklungsstudie ist es, einen inhaltlichen Beitrag zu der von der Arbeitsgruppe 6 des Nationalen IT-Gipfels initiierten Qualifikationsoffensive zu leisten. Die Studie geht von der Annahme aus, dass in deutschen Unternehmen ein erheblicher Bedarf zur Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0 besteht, dass kleine und mittlere Unternehmen im Vergleich zu Großunternehmen andere Prioritäten setzen und dass gezielte Maßnahmen für die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als Schlüssel für die Gestaltung des digitalen Wandels erforderlich sind.

In der Studie werden zunächst die Kompetenz- und Qualifikationsbedarfe insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen im Rahmen einer Unternehmensbefragung benannt (Abschnitt 2). Ferner werden auf Basis der Befunde und inhaltlicher Ansatzpunkte für die Qualifizierung erste Handlungsempfehlungen formuliert (Abschnitt 3). Darüber hinaus werden das lern-didaktische Konzept, die entscheidenden Inhalte für die Qualifizierung für die Industrie 4.0 und der im Rahmen des Projektes entwickelte Demonstrator als exemplarische Lösung für die Aus- und Weiterbildung vorgestellt (Abschnitt 4).

Die Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 stützt sich dabei auf eine nicht-repräsentative Online-Umfrage bei deutschen Unternehmen sowie flankierende leitfadengestützte Interviews mit Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft. Der Fragebogen und der Interviewleitfaden beziehen sich auf bestehende Umfragen (zum Beispiel Deloitte 2013, Deutscher Industrie- und Handelskammertag 2014, Ingenics 2014, Spath, Dieter et al. 2013); Fragebogen und Interviewleitfaden wurden von einzelnen Unternehmen im Sinne eines Pre-Tests durchgesehen.

An der Online-Befragung nahmen insgesamt 345 Unternehmen teil, von denen 198 Unternehmen den Fragebogen vollständig beantworteten. Die Umfrage wurde über die Netzwerke von acatech, die Plattform Industrie 4.0 und die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften (AiF) sowie verschiedene regionale Industrie- und Handelskammern verbreitet. Von den teilnehmenden Firmen sind 41,0 Prozent große Betriebe mit einem Jahresumsatz von mehr als 50 Millionen Euro und 59,0 Prozent kleine und mittlere Unternehmen mit einem Umsatz von weniger als 50 Millionen Euro pro Jahr. Dabei wird in der Umfrage ein breites Spektrum an Branchen abgedeckt – mit einem Schwerpunkt auf Firmen aus den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau (20,7 Prozent) sowie Automotive (14,7 Prozent). Die Branchenzugehörigkeit großer Unternehmen auf der einen und KMU auf der anderen Seite weist eine ähnliche Struktur auf. Die Fragen beantworteten überwiegend die Geschäftsleitungen (46,5 Prozent), aber auch Vertreterinnen und Vertreter vieler anderer Funktionsbereiche – wie zum Beispiel aus dem Bereich Produktentwicklung oder den Personalabteilungen.

Im Rahmen der überwiegend telefonisch geführten Interviews wurden insgesamt 38 Fachleute aus Wissenschaft und Wirtschaft befragt. Die Auswahl dieser Fachleute zielte darauf ab, ein möglichst breites Spektrum an Befragten und Sichtweisen abzudecken. Differenzierungskriterien waren bei den Vertreterinnen und Vertretern aus der Wirtschaft zum Beispiel die Unternehmensgröße (große Firmen/kleine und mittlere Betriebe), der Digitalisierungsgrad (Vorreiter/Nachzügler bei Industrie 4.0) sowie die Funktion der Befragten im Unternehmen (Geschäftsleitung/Personalabteilung/Ausbildungsleitung/Arbeitnehmervertretung). Bei den Interviewten aus der Wissenschaft wurden verschiedene Disziplinen einbezogen, um unterschiedliche Perspektiven auf das Thema Kompetenzentwicklung berücksichtigen zu können. So waren zum Beispiel Fachleute aus der Bildungsforschung, der (Arbeits-)Soziologie, den Wirtschaftswissenschaften, aber auch aus der Produktionsforschung bei den Interviews vertreten.



## 2 BEDARFE DEUTSCHER UNTERNEHMEN

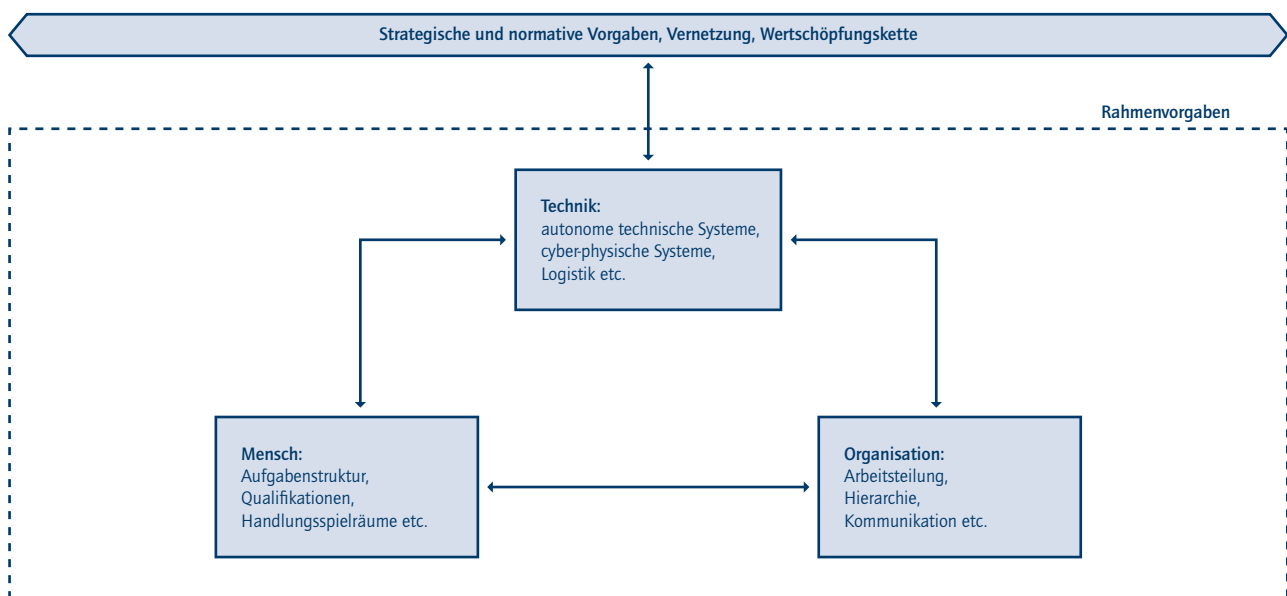
Die vierte industrielle Revolution verändert nicht nur die bestehenden Wertschöpfungsmodelle und die Industrieproduktion nachhaltig, sondern auch die Arbeitswelt, die Organisationsformen in den Unternehmen sowie die Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen an die Belegschaften. Die Entwicklungsperspektiven für die Arbeit der Zukunft, die Kompetenzprofile der Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie die Auswirkungen auf die Beschäftigung werden dabei jedoch unterschiedlich eingeschätzt (vgl. Hirsch-Kreinsen 2015).

Eine erste Entwicklungsperspektive geht von einer zunehmenden Polarisierung von Aufgaben und Kompetenzen infolge der wachsenden Automatisierung von routinisierten Tätigkeiten auf der mittleren Qualifikationsebene aus (vgl. Acemoglu/Autor 2010, Brynjolfsson/McAfee 2011). Infolge der verstärkten Automatisierung und Digitalisierung routinierter Aufgaben werden sich die Tätigkeits- und Kompetenzprofile nachhaltig verändern, und Beschäftigungsmöglichkeiten im Bereich der mittleren Qualifikation könnten dadurch eingeschränkt werden (vgl. Autor et al. 2003, Frey/Osborne 2013).

Dieser Prognose wird das sogenannte Upgrading von Qualifikationen und Aufgaben als eine zweite Entwicklungsperspektive entgegengesetzt. Sie geht davon aus, dass entweder einfache Tätigkeiten infolge der zunehmenden Automatisierung substituiert oder generell alle Aufgaben und Arbeitsprozesse komplexer und anspruchsvoller werden (vgl. Zuboff 1988, 2010, Evangelista et al. 2014). Zudem ist nicht zwangsläufig von einer negativen Auswirkung auf den Arbeitsmarkt auszugehen, da mit der Industrie 4.0 auch vielfältige Chancen und Potenziale für die Beschäftigung einhergehen können (Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 2015, McKinsey 2011).

Die beiden Perspektiven beschreiben jedoch keinen deterministischen Zusammenhang zwischen der technischen Entwicklung beziehungsweise der Industrie 4.0 auf der einen und den sozialen Auswirkungen auf der anderen Seite. Vielmehr bestehen vielfältige technisch-organisatorische Alternativen, die durch konkrete betriebliche und arbeitspolitische Entscheidungen beeinflusst und gestaltet werden können. Die Industrie 4.0 als ein soziotechnisches System nimmt dabei den „interdependenten

Abbildung 1: Industrie 4.0 als soziotechnisches System



Quelle: Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015: 7.

Zusammenhang zwischen den technologischen, organisatorischen und personellen Elementen eines Gesamtsystems der Produktion“ (Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015: 5) in den Blick. Damit wird den Wechselwirkungen zwischen Technik, Mensch und Organisation sowie den betrieblichen und politischen Rahmenbedingungen, den strategischen und normativen Vorgaben, der Vernetzung und den Wertschöpfungsketten Rechnung getragen (siehe Abbildung 1).

Für die Umsetzung von Industrie 4.0 eröffnen sich dadurch vielfältige Gestaltungsspielräume, die insbesondere durch die zugrunde liegenden Automatisierungskonzepte bestimmt werden: Während technologiezentrierte Ansätze die weitreichende Substituierung menschlicher Arbeitsformen durch automatisierte Anlagen betonen, stellen komplementäre Ansätze die sich ergänzende Verteilung der Aufgaben und die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in den Mittelpunkt. Da von einer ungleichzeitigen Diffusion digitaler Technologien und erheblichen Herausforderungen auf personaler, betrieblicher und organisatorischer Ebene auszugehen ist, bieten vor allem die komplementären Automatisierungskonzepte großes technologisches und ökonomisches Potenzial für die Einführung der Industrie 4.0 (vgl. Hirsch-Kreinsen/ten Hompel 2015).

Die unterschiedlichen Entwicklungsperspektiven für Industrie 4.0 deuten einen veränderten Bedarf bei der Kompetenzentwicklung sowie der Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an. Einerseits ist ein erhöhter Qualifizierungsbedarf im Sinne des Upgrading zu erwarten; andererseits ergeben sich durch neuartige Assistenzsysteme aber auch Chancen für niedrigqualifizierte Beschäftigte.

Vor diesem Hintergrund bildet die Erhebung des Status quo der Unternehmen bei der Umsetzung der Industrie 4.0 sowie der erwarteten Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe den Ausgangspunkt der Studie. Die Erhebung fokussiert dabei insbesondere kleine und mittlere Unternehmen als zentrales Rückgrat der deutschen Wirtschaft bei der Beschäftigung und Wertschöpfung. Dabei wird deutlich, dass KMU beim Thema Industrie 4.0 deutlich vorsichtiger agieren als große Unternehmen und im Vergleich zu Großkonzernen einen höheren Entwicklungsbedarf sowohl bei der Umsetzung von Industrie 4.0 als auch bei der Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben.

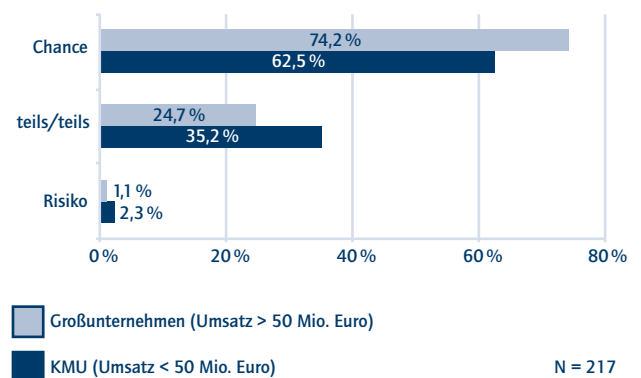
Im Folgenden werden nun die Ergebnisse der nicht-repräsentativen Online-Umfrage bei deutschen – vor allem kleinen und mittleren – Unternehmen sowie die Resultate aus den flankierenden leitfadengestützten Interviews mit Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft dargestellt und aufbereitet. In einem ersten Schritt wird die Ausgangslage der deutschen Unternehmen skizziert (Abschnitt 2.1), bevor die zukünftigen Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe benannt und systematisiert (Abschnitt 2.2) sowie die Nutzung verschiedener Instrumente der Aus- und Weiterbildung dargestellt werden (Abschnitt 2.3).

## 2.1 AUSGANGSLAGE DEUTSCHER UNTERNEHMEN

Der digitale Wandel verändert das gesamte Produktionsumfeld und die industrielle Wertschöpfung deutscher Unternehmen nachhaltig und tiefgreifend. Allerdings sind zwischen großen Unternehmen und KMU erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Wahrnehmung von Chancen und Risiken sowie des Umsetzungsstandes bei der Industrie 4.0 zu verzeichnen.

Der digitale Wandel und die Industrie 4.0 werden von den Unternehmen insgesamt als Chance für die deutsche Wirtschaft und den Industriestandort betrachtet. Während 74,2 Prozent der Großunternehmen die Potenziale und Vorteile der Digitalisierung wahrnehmen, sehen KMU Digitalisierung und Industrie 4.0 mit 62,5 Prozent deutlich seltener als Chance (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Bewertung von Digitalisierung und Industrie 4.0



Quelle: eigene Darstellung.

Die etwas skeptischere Beurteilung des digitalen Wandels kann einerseits auf ein niedrigeres Niveau von KMU bei der Umsetzung digitaler Technologien und Wertschöpfungsprozesse zurückgeführt werden. Andererseits spielt laut Aussagen interviewter Fachleute auch die geringere Ressourcenausstattung mittelständischer Unternehmen für die strategische Planung und gezielte Umsetzung der Industrie 4.0 eine Rolle bei der vorsichtigeren Bewertung der Digitalisierung.

Ungeachtet der positiven Einschätzung der Chancen besteht in großen wie auch in kleinen und mittleren Unternehmen ein erhebliches Entwicklungspotenzial bei der Umsetzung der Industrie 4.0 in den einzelnen Unternehmensbereichen. Gleichzeitig zeigt sich auch hier die deutliche Diskrepanz zwischen Großunternehmen und KMU beim Digitalisierungsgrad. Exemplarisch lassen sich der Status quo deutscher Unternehmen bei der Umsetzung der Industrie 4.0 sowie die Unterschiede zwischen großen und mittelständischen Betrieben am Automatisierungsgrad, an der Überwachung des Kundenauftragsprozesses und der Digitalisierung von Kernprozessen festmachen.

Ein Großteil der deutschen Unternehmen weist einen mittleren Automatisierungsgrad bei Produktionsprozessen (Fertigung/Montage) einschließlich Logistik auf (54,2 Prozent). Ein vollautomatisierter Produktionsprozess oder die Nutzung von cyber-physischen Systemen ist hingegen nur bei wenigen Unternehmen festzustellen (9,7 Prozent). Der Automatisierungsgrad variiert jedoch stark in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße: Im Vergleich zu großen Unternehmen zeigen deutlich weniger KMU einen mittleren Automatisierungsgrad (68,5 Prozent bei Großunternehmen zu 48,4 Prozent bei mittelständischen Firmen). Demgegenüber ist der Anteil der rein maschinellen oder manuellen Produktion bei KMU mit 34,4 Prozent wesentlich höher als bei großen Betrieben mit 11,2 Prozent.

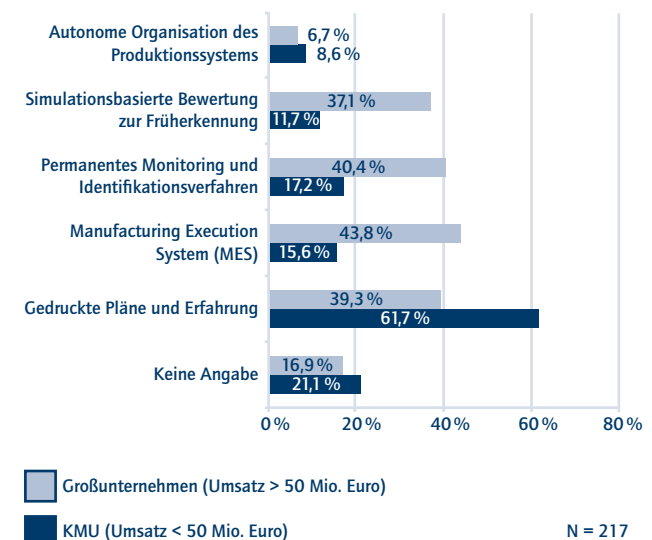
Im Bereich der Überwachung des Kundenauftragsprozesses ergibt sich ein ähnliches Bild. Während die Zustandsdaten bei 55,2 Prozent der Unternehmen manuell durch eine Mitarbeiterin oder einen Mitarbeiter erfasst und bei 46,5 Prozent durch Barcode-Scanning aufgenommen werden, sind RFID-Scanning oder Bilderkennungsverfahren lediglich bei 12,0 Prozent und smarte Sensorik nur bei 12,4 Prozent der Firmen verbreitet (Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle in der Umfrage möglich). Auch hier zeigt sich, dass große Unternehmen viel stärker auf neue

Technologien setzen als kleine und mittlere Betriebe (21,3 Prozent zu 3,9 Prozent für RFID-Scanning beziehungsweise Bilderkennung und 25,8 Prozent zu 4,7 Prozent für smarte Sensorik).

Bei der Steuerung von Kernprozessen im Unternehmen nutzen die meisten Betriebe nach wie vor gedruckte Pläne und greifen auf die Erfahrung der Belegschaft zurück (51,2 Prozent), wobei vor allem KMU diese Steuerungsart bevorzugen. Großunternehmen setzen in viel stärkerem Umfang auch andere technisch basierte Verfahren ein, wie etwa Manufacturing-Execution-Systeme (MES), permanente Monitoring- und Identifikationsverfahren oder simulationsbasierte Früherkennungsmethoden (Mehrfachnennungen waren auch an dieser Stelle in der Umfrage möglich). Interessant ist jedoch, dass kleine und mittlere Unternehmen im Vergleich zu großen Betrieben auch innovative Vorreiter sein können, beispielsweise bei der autonomen Organisation des Produktionssystems (siehe Abbildung 3).

Insgesamt zeigt sich, dass in deutschen Unternehmen ein erhebliches Entwicklungspotenzial für die weitere Umsetzung digitaler Technologien besteht. Besonders hoch ist der Entwicklungsbedarf in KMU. Sowohl bei der Umsetzung als auch bei der Absicht, die verschiedenen Unternehmensbereiche künftig in Richtung Industrie 4.0 weiterzuentwickeln, zeigen sich

Abbildung 3: Status quo bei der Digitalisierung von Kernprozessen



Quelle: eigene Darstellung.

deutliche Unterschiede zu den großen Industrieunternehmen: Während 77,9 Prozent der großen Betriebe die verschiedenen Unternehmensbereiche in Richtung Industrie 4.0 lenken wollen, äußern nur 56,7 Prozent der KMU eine solche Absicht.

Vor diesem Hintergrund wird offenbar, dass das Bewusstsein für den digitalen Wandel in KMU gestärkt und der Nutzen von Industrie 4.0, aber auch klare Umsetzungsstrategien an die mittelständischen Unternehmen vermittelt werden müssen. Wichtige Impulse für die Umsetzung von Industrie 4.0 in KMU gehen dabei insbesondere von konkreten (Erfolgs-)Beispielen aus, um einerseits die Möglichkeiten der Digitalisierung für den eigenen Betrieb einschätzen zu können und andererseits die Sorge vor hohen Investitionskosten sowie die Unsicherheit über die Amortisierung von Investitionen zu verringern.

## 2.2 ZUKÜNFTIGE KOMPETENZ- UND QUALIFIZIERUNGSBEDARFE

Ein entscheidender Baustein für die erfolgreiche Umsetzung der Industrie 4.0 in den Unternehmen, die nachhaltige Gestaltung der künftigen Arbeitswelt und die Befähigung von Menschen für das digitale Zeitalter ist die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Vor diesem Hintergrund sollen mithilfe der vorliegenden Studie die künftigen Kompetenzbedarfe der

Unternehmen ermittelt und die erwarteten Qualifizierungsanforderungen an die Belegschaften benannt werden. Diese Differenzierung erlaubt einerseits die Identifikation von Kompetenzen, denen ein Unternehmen durch Kauf von Technik oder Zuhilfenahme einer Beratung, Einstellung von Personal oder Kooperation mit externen Dienstleistern oder aber Qualifikationsmaßnahmen begegnen kann. Andererseits wird hierdurch die Benennung von Fähigkeiten, die in Bezug auf die eigenen Beschäftigten und deren Qualifikationen von Bedeutung sind, ermöglicht.

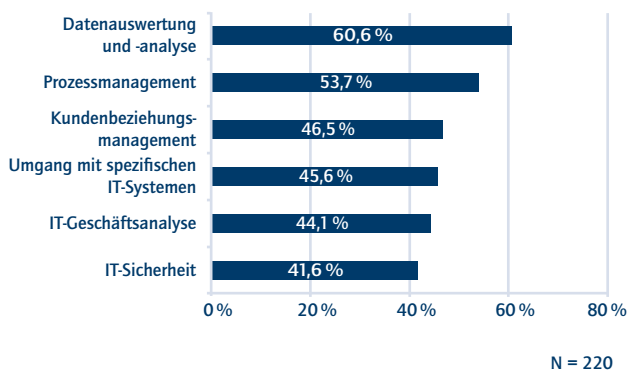
Der Studie wurde eine Reihe von Kompetenzen, die für Unternehmen zur Umsetzung von Industrie 4.0 entscheidend sind, sowie Fähigkeiten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die für die neue digitale Arbeitswelt relevant sind, zugrunde gelegt. Diese Unternehmenskompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten lassen sich jeweils zusammenfassen und systematisieren: Technologie- und datenorientierte Kompetenzen und Fähigkeiten erfassen spezifische Fachkenntnisse in der Entwicklung, Anwendung und Beherrschung digitaler Technologien; prozess- und kundenorientierte Kompetenzen und Fähigkeiten beschreiben das Verständnis für die Zusammenhänge in den Wertschöpfungsnetzwerken einschließlich der Organisation und Koordination von Kundenbeziehungen; unter infrastruktur- und organisationsorientierten Kompetenzen und Fähigkeiten lassen sich der Umgang mit technischen Basiskomponenten im Unternehmen und Soft Skills subsumieren (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Systematisierung der Unternehmenskompetenzen und Fähigkeiten der Beschäftigten

	UNTERNEHMENSKOMPETENZEN	FÄHIGKEITEN DER BESCHÄFTIGTEN
<b>TECHNOLOGIE-/DATENORIENTIERT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datenauswertung und -analyse</li> <li>- IT-Sicherheit</li> <li>- Cloud-Architekturen</li> <li>- Künstliche Intelligenz</li> <li>- User-Support/Service Technik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interdisziplinäres Denken und Handeln</li> <li>- Beherrschung komplexer Arbeitsinhalte</li> <li>- Fähigkeit zum Austausch mit Maschinen</li> <li>- Problemlösungs- und Optimierungskompetenz</li> </ul>
<b>PROZESS-/KUNDENORIENTIERT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozessmanagement</li> <li>- Kundenbeziehungsmanagement</li> <li>- IT-Geschäftsanalysen</li> <li>- eCommerce/Online-Marketing</li> <li>- Beratung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zunehmendes Prozess-Knowhow</li> <li>- Mitwirkung an Innovationsprozessen</li> <li>- Fähigkeit zur Koordination von Arbeitsabläufen</li> <li>- Dienstleistungsorientierung</li> </ul>
<b>INFRASTRUKTUR-/ORGANISATIONSORIENTIERT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umgang mit spezifischen IT-Systemen</li> <li>- Netzwerk-/Datenbankadministration</li> <li>- IT-Architekturen</li> <li>- Datenschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Führungskompetenz</li> <li>- Eigenverantwortliche Entscheidungen</li> <li>- Sozial-/Kommunikationskompetenz</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 4: Kompetenzbedarf der Unternehmen



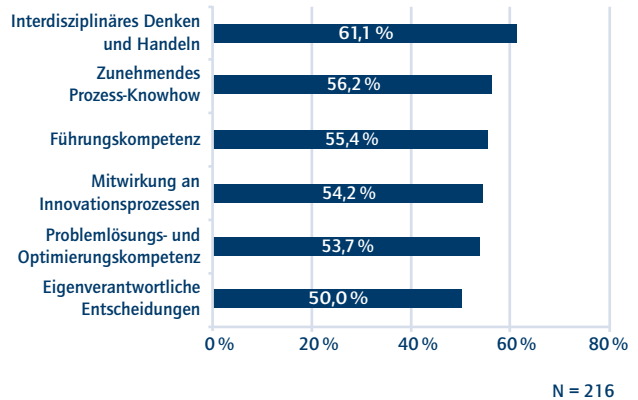
Quelle: eigene Darstellung.

In einem ersten Schritt werden nun zunächst die wichtigsten Bedarfe und Prioritäten aller befragten Unternehmen dargestellt, bevor die unterschiedlichen Bedarfe und Schwerpunktsetzungen großer Firmen und KMU erläutert werden.

Das Gesamtergebnis zeigt, dass die Unternehmen insgesamt den größten Bedarf in den Bereichen der Datenauswertung und -analyse mit 60,6 Prozent sowie des Prozessmanagements als bereichsübergreifender Vernetzung mit 53,7 Prozent sehen (Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle in der Umfrage möglich) (siehe Abbildung 4). Auch die Prioritätensetzung der Firmen für die gezielte Entwicklung von Unternehmenskompetenzen in der Zukunft spiegelt die identifizierten Bedarfe wider – zusätzlich wird aber auch der IT-Sicherheit eine große Bedeutung für den künftigen Kompetenzaufbau zugemessen.

Fokussiert man den Bedarf der entscheidenden Fähigkeiten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, so zeigt sich, dass komplementär zu den Kompetenzanforderungen an die Unternehmen die Themen interdisziplinäres Denken und Handeln mit 61,1 Prozent sowie zunehmendes Prozess-Knowhow – also das bereichsübergreifende Verständnis der Zusammenhänge in der Produktion und der Wertschöpfungskette – mit 56,2 Prozent als zentrale Qualifikationsbedarfe im Vordergrund stehen; interessant ist zudem, dass auch der Führungskompetenz als zentralem Element für die Gestaltung der Change-Management-Prozesse mit 55,4 Prozent eine große Bedeutung zugesprochen wird (Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle in der Umfrage möglich) (siehe Abbildung 5). Bei der Frage nach der Prioritätensetzung wird daher auch das zunehmende Prozess-Knowhow

Abbildung 5: Bedarf künftiger Mitarbeiterfähigkeiten



Quelle: eigene Darstellung.

als Schwerpunkt für die künftige Kompetenzentwicklung der Belegschaften genannt; zusätzlich spielt aber auch die Problemlösungs- und Optimierungskompetenz eine prioritäre Rolle in der Zukunft.

Eine genauere Analyse bestätigt im Grundsatz die festgestellten Trends für große Unternehmen sowie für mittelständische Betriebe. Gleichzeitig können aber auch aufschlussreiche Unterschiede je nach Firmengröße bei der Bedarfsstruktur und der Prioritätensetzung für die künftige Kompetenzentwicklung und Personalqualifizierung identifiziert werden.

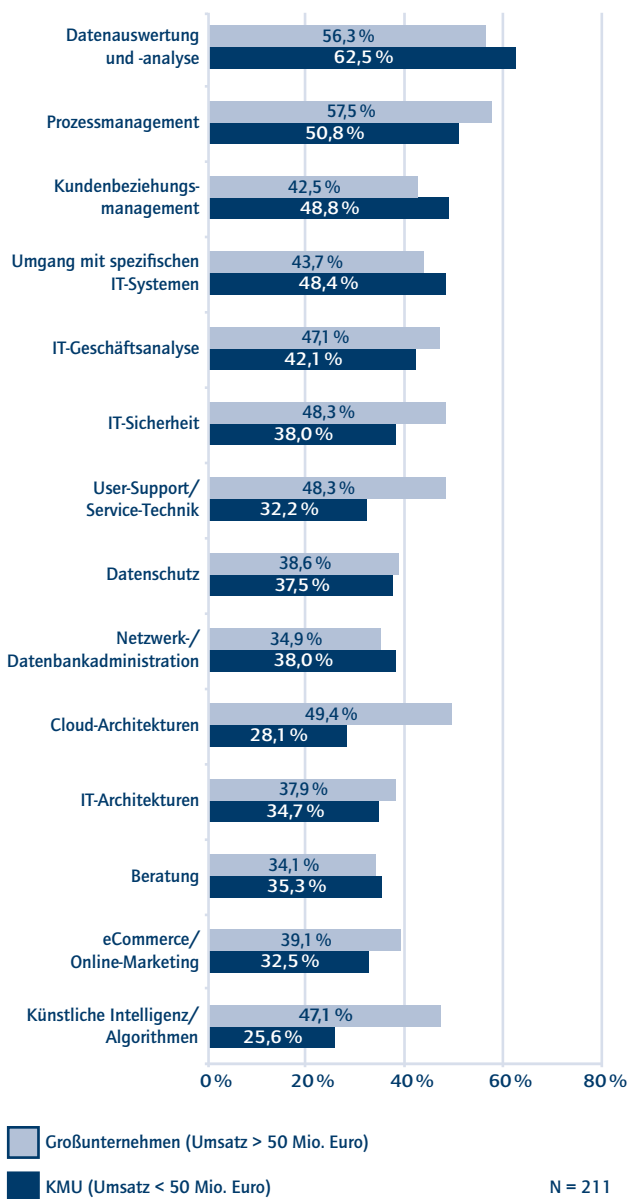
Zunächst zeigt sich, dass KMU in vielen Bereichen einen höheren Kompetenzbedarf für ihren Betrieb angeben als große Firmen (Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle in der Umfrage möglich). Dieser Befund gilt insbesondere für prozess- und kundenorientierte Kompetenzen wie zum Beispiel Kundenbeziehungsmanagement (48,8 Prozent zu 42,5 Prozent) sowie für infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie zum Beispiel Umgang mit spezifischen IT-Systemen (48,4 Prozent zu 43,7 Prozent). Demgegenüber geben große Betriebe einen teilweise deutlich höheren Bedarf insbesondere bei technologie- und datenorientierten Unternehmenskompetenzen an – wie zum Beispiel Cloud-Architekturen (49,4 Prozent zu 28,1 Prozent) oder künstliche Intelligenz/Algorithmen (47,1 Prozent zu 25,6 Prozent) (siehe Abbildung 6).

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Prioritätensetzung bei der künftigen Entwicklung der Unternehmenskompetenzen (Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle in der Umfrage möglich).

Von großen Firmen werden die technologie- und datenorientierten Unternehmenskompetenzen wie IT-Sicherheit (44,9 Prozent zu 27,3 Prozent) oder Cloud-Architekturen (22,5 Prozent zu 10,9 Prozent) deutlich klarer als künftige Prioritäten benannt als von KMU. Die mittelständischen Betriebe nehmen als

Entwicklungsschwerpunkte wiederum die prozess- und kundenorientierten Kompetenzen wie zum Beispiel Beratung (12,5 Prozent zu 4,5 Prozent) sowie teilweise die infrastruktur- und organisationsbezogenen Kompetenzen wie Datenschutz (19,5 Prozent zu 16,9 Prozent) etwas stärker in den Blick (siehe Abbildung 7).

Abbildung 6: Kompetenzbedarf der Unternehmen



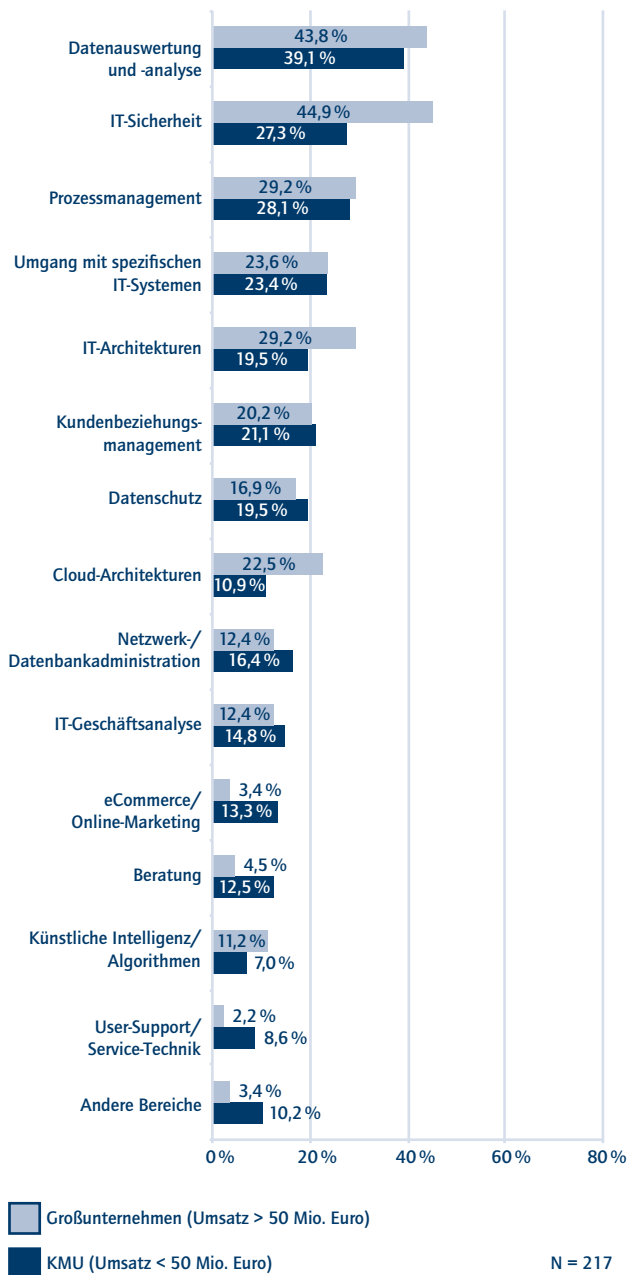
Quelle: eigene Darstellung.

Die Befunde zu den zentralen Fähigkeiten der Beschäftigten ergänzen die Bedarfe und Prioritätensetzungen bei den Unternehmenskompetenzen komplementär. In den großen Firmen werden im Vergleich zu KMU insbesondere Bedarfe in technologie- und datenorientierten Bereichen wie zum Beispiel interdisziplinäres Denken und Handeln (73,8 Prozent zu 52,5 Prozent) angemeldet. Mittelständische Unternehmen hingegen betonen in einigen Fällen prozess- und kundenorientierte Fähigkeiten wie die Fähigkeit zur Koordination von Arbeitsabläufen (47,9 Prozent zu 45,2 Prozent) sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzen wie zum Beispiel Sozial-/Kommunikationskompetenz (49,2 Prozent zu 44,7 Prozent) etwas stärker als Großkonzerne (siehe Abbildung 8).

Noch klarer zeigt sich die Differenz zwischen großen Unternehmen und mittelständischen Betrieben bei den Schwerpunktsetzungen für die künftige Entwicklung der Personalkompetenzen. Im Vergleich zu Großunternehmen priorisieren KMU prozess- und kundenorientierte Fähigkeiten wie zum Beispiel die Fähigkeit zur Koordination von Arbeitsabläufen (22,7 Prozent zu 12,4 Prozent) oder Dienstleistungsorientierung (18,0 Prozent zu 11,2 Prozent) sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Fähigkeiten wie Führungskompetenz (22,7 Prozent zu 19,1 Prozent) etwas stärker. Große Firmen betonen hingegen technologie- und datenorientierte Fähigkeiten wie Problemlösungs- und Optimierungskompetenz (41,6 Prozent zu 30,5 Prozent) oder interdisziplinäres Denken und Handeln (30,3 Prozent zu 18,8 Prozent) (siehe Abbildung 9).

Ein weiteres zentrales Element für die erfolgreiche Gestaltung des digitalen Wandels und die Umsetzung der Industrie 4.0 sind IT-Kompetenzen – sowohl für Unternehmen als auch für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Hervorzuheben ist dabei, dass IT-Kompetenz weniger als Spezialwissen in der Spitze (zum Beispiel Coding), sondern in erster Linie als eine integrierte und interdisziplinär angelegte Kompetenz in der Breite verstanden wird, die mit einem grundlegenden Verständnis für die Prozesse und Anwendungen in verschiedenen Unternehmensbereichen

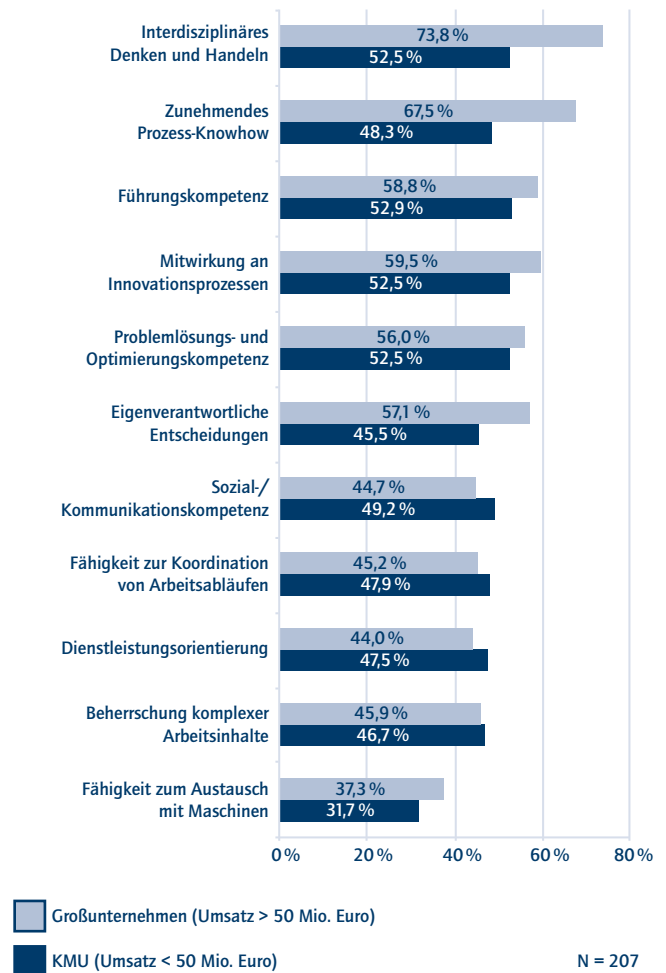
Abbildung 7: Prioritäten für die Entwicklung der Unternehmenskompetenzen



Quelle: eigene Darstellung.

verknüpft ist und bestehende Berufsbilder ergänzen sollte (zum Beispiel Verbindung zwischen Informatik und Elektrotechnik). Dabei bestätigt sich der bereits festgestellte Trend

Abbildung 8: Bedarf für Mitarbeiterfähigkeiten



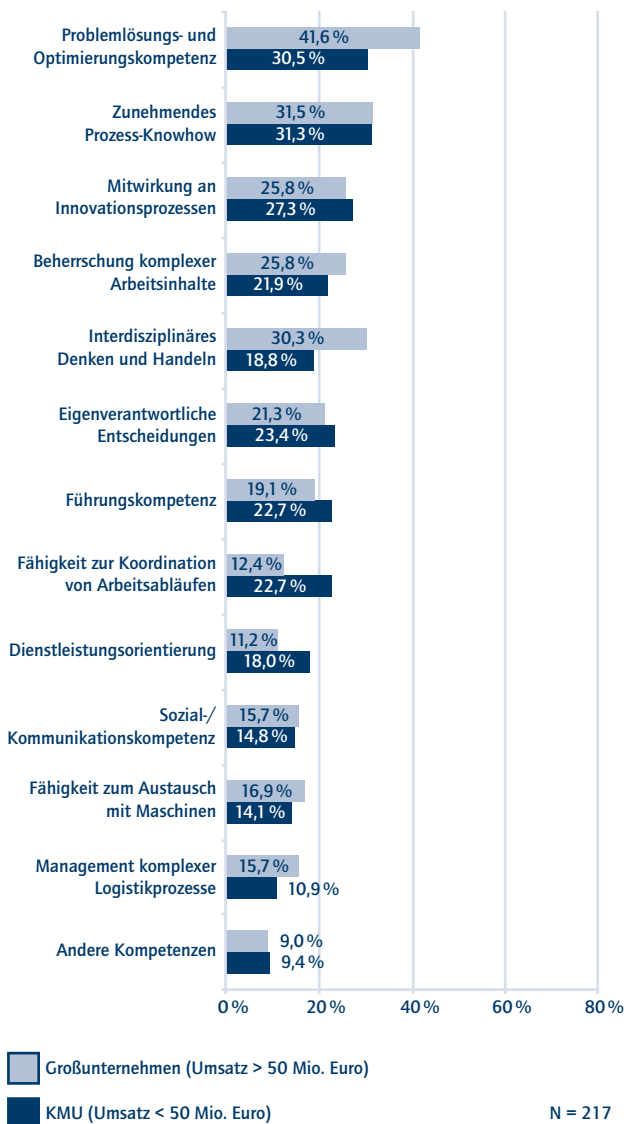
Quelle: eigene Darstellung.

für technologie-/datengetriebene Kompetenzen: Große Firmen legen ein deutlich höheres Engagement beim Ausbau von IT-Fähigkeiten an den Tag als mittelständische Betriebe – mit Ausnahme des Bereichs Verwaltung.

Insgesamt zeigt sich, dass die Bereiche Datenauswertung und -analyse, Prozessmanagement und zunehmendes Prozess-Knowhow sowie interdisziplinäres Denken und Handeln von den Unternehmen als zentrale Elemente der Kompetenzentwicklung und Personalqualifizierung für die Industrie 4.0 benannt werden. Den IT-Kompetenzen – insbesondere als breit

angelegtes Wissen – wird ebenfalls eine entscheidende Bedeutung für die Umsetzung der Digitalisierung in der deutschen Industrie zugesprochen. Wichtig ist aber die Unterscheidung der Bedarfe und künftigen Prioritätensetzungen zwischen großen Firmen, die stärker auf technologie- und datenorientierte Themen fokussieren, sowie kleinen und mittleren Unternehmen, die prozess- und kundenorientierte sowie infrastruktur- und organisationsbezogene Kompetenzbereiche stärker betonen.

Abbildung 9: Prioritäten bei der Entwicklung der Mitarbeiterfähigkeiten



Quelle: eigene Darstellung.

### 2.3 NUTZUNG VON INSTRUMENTEN DER KOMPETENZENTWICKLUNG

Kompetenzentwicklung sowie Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern werden von den Unternehmen als wichtige Zukunftsanforderung und Gestaltungsaufgabe für die erfolgreiche Umsetzung der Digitalisierung in der Industrie erkannt. Allerdings sind bisher nur wenige Angebote verfügbar, die spezifisch auf Industrie 4.0 ausgerichtet sind. Auch bei den Instrumenten für den Kompetenzaufbau gehen die Unternehmen überwiegend traditionelle Wege.

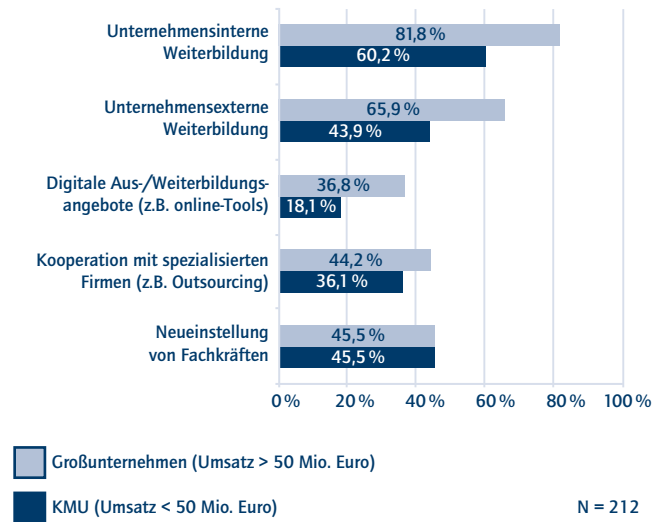
Lediglich in 23,1 Prozent der deutschen Firmen sind spezifische Aus- und Weiterbildungsprogramme für die Industrie 4.0 vorhanden – der Anteil spezifischer Angebote ist dabei in großen Unternehmen mit 31,5 Prozent deutlich höher als in KMU mit 17,2 Prozent. Die Interviews legen gleichzeitig aber auch nahe, dass einzelne Bausteine und Module aus den Aus- und Weiterbildungsprogrammen der Unternehmen Einzelfragen von Industrie 4.0 indirekt behandeln. Es gilt daher, die bestehenden Angebote konzeptionell stärker aufeinander zu beziehen und zu integrieren sowie die vorhandenen Programme gezielt auszubauen und inhaltlich in Richtung Digitalisierung zu erweitern.

Bei den Instrumenten des Kompetenzaufbaus zeigt sich, dass ein Schwerpunkt bei den traditionellen Formen der internen und externen Weiterbildung liegt, und zwar auf Präsenzveranstaltungen (67,8 Prozent beziehungsweise 54,8 Prozent) (Mehrfachnennungen waren an dieser Stelle in der Umfrage möglich). Digitale Aus- und Weiterbildungsangebote wie etwa statische Online-Tools (zum Beispiel Wikis) oder interaktive E-Learning-Programme (zum Beispiel Massive Open Online Courses/MOOCs) werden in weitaus geringerem Maße genutzt (36,8 Prozent beziehungsweise 18,1 Prozent). Eine größere Rolle spielen hingegen die Kooperation mit spezialisierten Firmen (zum Beispiel in Form von Outsourcing) und die Neueinstellung von Fachkräften mit den benötigten Fähigkeiten (39,0 Prozent beziehungsweise 46,5 Prozent). Auffällig ist dabei, dass große Unternehmen alle Instrumente des Kompetenzaufbaus in deutlich höherem Maße nutzen als mittelständische Unternehmen (siehe Abbildung 10). Dies deutet darauf hin, dass insbesondere bei KMU ein erheblicher Entwicklungsbedarf im Hinblick auf Beratung über qualifizierte Personalentwicklung und das Angebot von Personalentwicklung besteht.



Inhalte der Industrie 4.0 und der Digitalisierung müssen in die betriebliche Aus- und Weiterbildung integriert, bestehende Angebote systematisch aufeinander bezogen und vorhandene Programme gezielt weiterentwickelt werden. Wichtige Ansatzpunkte bieten dabei neben den traditionellen Instrumenten des Kompetenzaufbaus beispielsweise partizipative Lernplattformen und digitale Lernangebote, aber auch Lernfabriken, Simulationen oder Lernspiele (Stichwort Gamification). So wurde im Rahmen des Projektes ein Demonstrator für eine offene und erweiterbare Online-Lösung erarbeitet (siehe Abschnitt 4). Wichtig für die nachhaltige Umsetzung von neuen Aus- und Weiterbildungslösungen ist dabei die Einbindung der relevanten Stakeholder wie Gewerkschaften, Unternehmensakademien, private Bildungsanbieter oder Industrie- und Handelskammern.

Abbildung 10: Instrumente des Kompetenzaufbaus



Quelle: eigene Darstellung.

### 3 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Vor dem Hintergrund der identifizierten Kompetenzbedarfe und der Entwicklungsabsichten können erste Schlussfolgerungen in Form von Handlungsempfehlungen gezogen werden. Dabei zeigt sich, dass die Annahmen der Studie bestätigt werden: Zum einen besteht ein erheblicher Bedarf in deutschen Unternehmen, die Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0 intensiver voranzutreiben; zum anderen gilt es, die spezifischen Bedarfe und Prioritäten von kleinen und mittleren Unternehmen zu adressieren. Zudem ist es wichtig, gezielte Maßnahmen für die Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als Schlüssel für die Gestaltung des digitalen Wandels zu ergreifen.

Ein entscheidendes Ziel der Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 in deutschen Unternehmen sowie der Qualifikation von Beschäftigten für das digitale Zeitalter ist die Vermeidung einer sogenannten doppelten digitalen Kluft (digital divide). Hierbei geht es um zweierlei: Zum einen gilt es, einer digitalen Kluft zwischen großen Unternehmen mit höherem Digitalisierungsniveau sowie kleinen und mittleren Betrieben mit einem niedrigeren Digitalisierungsgrad entgegenzuwirken; zum anderen darf das Qualifikationsniveau in Bezug auf Medien- und Digitalisierungswissen innerhalb von Belegschaften nicht auseinanderdriften – hierzu bedarf es einer gezielten Aus- und Weiterbildung. Insbesondere KMU benötigen auf dem Weg in die digitale Zukunft, bei der Umsetzung der Industrie 4.0 und der Qualifizierung ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Unterstützung.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Unternehmen zunächst für die Potenziale und Herausforderungen der Digitalisierung und der Industrie 4.0 sensibilisiert werden – dies gilt sowohl für die Geschäftsführungen sowie Entscheiderinnen und Entscheider auf der Planungsebene als auch für die Belegschaften. Hierfür ist eine Wissensoffensive notwendig, um das Thema Industrie 4.0 in der Spitze und Breite in die Unternehmen zu tragen. Neben der Funktionsweise von Industrie 4.0 müssen insbesondere der Nutzen und konkrete Umsetzungsstrategien für die Digitalisierung der Produktion vermittelt werden – vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen. Dabei können erfolgreiche Anwendungsbeispiele behilflich sein, um zum Beispiel die Vorteile, Umsetzungsoptionen oder Investitionsrisiken besser abschätzen zu können.

Traditionelle Wege der Aus- und Weiterbildung werden zwar auch weiterhin eine wichtige Rolle spielen, jedoch treten digitale Methoden der Kompetenzentwicklung an ihre Seite, um Unternehmen

zu sensibilisieren sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gezielt Kompetenzen zu vermitteln. Derartige Instrumente haben eine außerordentlich hohe Reichweite und ermöglichen eine passgenaue, individualisierbare Qualifizierung, erlauben eine schnellere Reaktion auf neue Inhalte oder Anforderungen und können Digitalisierungswissen mithilfe digitaler Technologien transportieren. Angesichts der Entwicklungsdynamik erscheint es zentral, neue und innovative Lösungen rasch umzusetzen, das bestehende Instrumentarium zu erweitern und Unternehmen zu ermutigen, individuelle Wege zu finden und zu experimentieren.

Im Folgenden werden verschiedene Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Bildungsanbieter als erste Schlussfolgerungen aus der Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 und als Diskussionsgrundlage für die weitere Auseinandersetzung mit dem Thema abgeleitet. Zusätzliche wichtige Impulse gehen dabei auch von dem Human-Resources-Kreis aus, der gemeinsam von acatech und der Jacobs Foundation initiiert wurde (acatech 2016).

Ein erster Block von Handlungsempfehlungen fokussiert insbesondere die Rahmenbedingungen und die inhaltliche Ausrichtung von Aus- und Weiterbildungsangeboten für das digitale Zeitalter:

- **Etablierung eines Weiterbildungssystems:** Durch ein Weiterbildungssystem könnten die (rechtlichen beziehungsweise organisatorischen) Rahmenbedingungen für individualisierte, offene und lebenslange Lernpfade geschaffen werden. In einem ersten Schritt erscheint es wichtig, durch Pilotprojekte und Initiativen, welche für die Entwicklung von Weiterbildungsinhalten Vorbildcharakter haben könnten, rasch theorie- und praxisrelevante Inhalte zur Industrie 4.0 in den Betrieben zu vermitteln, die Belegschaften im Sinne der Partizipation frühzeitig einzubinden und auf den digitalen Wandel vorzubereiten sowie die Qualifizierung in den Betrieben und im Arbeitsprozess („Training on the job“ beziehungsweise „Training near the job“ oder „Coaching“) zu stärken. Darüber hinaus könnte ein Zertifizierungssystem für Bildungsanbieter und -angebote entwickelt werden, das die Qualität der Inhalte und Methoden sicherstellt sowie die Bedingungen für den Erwerb von (Online-)Zertifikaten formuliert. Zudem könnten auf diese Weise die Voraussetzungen für die arbeits- und mitbestimmungsrechtliche sowie förderpolitische Einbettung von Weiterbildungsmaßnahmen

und Programmen gestaltet werden. Für die Praxiserfordernisse einer Weiterbildung im Arbeitsalltag sollten die Erfahrungen aus neuartigen Ansätzen – wie etwa bei der arbeitsprozessbezogenen Qualifikation im IT-Weiterbildungssystem – aufgegriffen werden. Wichtig ist dabei, dass ein Weiterbildungssystem nicht als „One size fits all“-Ansatz verstanden wird, sondern den Unternehmen Freiräume lässt, um individuelle und gegebenenfalls auch experimentelle Wege bei der Aus- und Weiterbildung zu gehen.

- **Stärkung des Dualen Systems:** Das Duale Ausbildungssystem ist ein deutsches Erfolgsmodell, das auch für die Gestaltung des digitalen Wandels und der Industrie 4.0 ausgezeichnete Voraussetzungen schafft. Hierbei ist entscheidend, die Ausbildung sowohl in den Berufsschulen als auch in den Unternehmen auf die Dynamik des technologischen Wandels einzustellen und zu synchronisieren. Dies bedeutet, dass die Ausbildungsgänge inhaltlich angepasst sowie die Ressourcen in den Schulen und Ausbildungsstätten auf dem aktuellsten Stand der Technik sind und das Lehrpersonal in den Schulen und Betrieben entsprechend aus- beziehungsweise weitergebildet wird.
- **Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals:** Nicht nur die Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, sondern auch die Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals muss an die neuen Erfordernisse angepasst werden, damit Lehrkräfte die Medien- und Digitalisierungskompetenzen gut vermitteln können. Wichtig ist dabei, dass die Ausbildung des Lehrpersonals an den Hochschulen ebenso in den Blick genommen wird wie die Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. Dabei geht es zum einen um die inhaltliche Adaption der Studiengänge für angehende Lehrkräfte und zum anderen um die Weiterbildung des bestehenden Lehrpersonals (neue „Train the trainer“-Konzepte und innovative Angebote in der Weiterbildung). Dies betrifft im Sinne der Interdisziplinarität alle Fächer und Ausbildungseinrichtungen, wobei den Berufsschulen als zentralen Institutionen im Dualen System eine Schlüsselrolle zukommt. Zusätzlich könnten neue Optionen für Praxiserfahrungen in Betrieben Impulse für (angehende) Lehrkräfte geben. Hierbei können die in der dualen Ausbildung engen Kontakte zwischen betrieblichen Ausbildungsstätten und Schulen eine große Rolle spielen. Zudem könnte auch den Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und dem Kontakt zu Hochschulen eine wichtige Funktion bei der Weiterbildung des Lehrpersonals zukommen.
- **Bildungsstanderhebung und Kompetenzniveaus:** Die Inhalte in der Aus- und Weiterbildung von Belegschaften müssen der Industrie 4.0 angepasst werden. Ausgangspunkt könnten die Definition zentraler Medien- und Digitalisierungskompetenzen sowie die systematische Erhebung des Bildungsstandes beim Digitalisierungswissen nach Vorbild der IGLU-/PISA-Studien sein. Zudem könnte ein System von Kompetenzniveaus analog den Sprachniveaus in der Fremdsprachenausbildung die Vergleichbarkeit von Medien- und Digitalisierungskompetenzen sowie die gezielte Qualifizierung befördern. Hierbei ist zu beachten, dass die bisherigen auf Standard-Software ausgerichteten Kompetenzmessungen im Industriekontext inadäquat sind und die in der beruflichen Ausbildung vermittelten fachlich bezogenen IT-Kompetenzen nicht einbeziehen.
- **Integration von Medien-/Digitalisierungsinhalten:** Jugendliche, Studierende und Belegschaften müssen gleichermaßen auf dem aktuellsten Stand der Technik auf die digitale Transformation in den Betrieben vorbereitet werden. Die bereichs- und fächerübergreifende Stärkung von Medien- und Digitalisierungskompetenzen (Beherrschung, Anwendung und kritische Einordnung digitaler Technologien) an Schulen und Hochschulen sowie in den Unternehmen ist hierbei ein wichtiger Faktor. Dabei geht es nicht nur um spezielle IT- und Softwarekenntnisse (zum Beispiel Coding), sondern auch um breit und interdisziplinär angelegtes Wissen. Davon könnten auch – zusätzlich zum Ausbau der MINT-Bildung – positive Effekte für die Techniknutzung und -gestaltung sowie das Technikverständnis ausgehen. Darüber hinaus könnte ein frei verfügbarer Fundus von Wissensbausteinen (Wissensnuggets) eine wichtige inhaltliche Grundlage schaffen – mögliche Ansatzpunkte werden mit dem im Rahmen des Projektes entwickelten Demonstrator aufgezeigt (siehe Abschnitt 4).
- **Ausrichtung an der betrieblichen Ebene:** Für die Aus- und Weiterbildung sollten insbesondere auch die betriebliche Ebene und die dortigen Strategien der Arbeitsgestaltung und Personalentwicklung in den Fokus genommen werden, da der laufende Prozess in den Unternehmen für die Umsetzung der Kompetenzentwicklung und Qualifizierung entscheidend ist. Daher sollten zum Beispiel die Möglichkeiten des „Learning by doing“ beziehungsweise „Learning by using“ nicht unterschätzt werden. Zudem sind gezielte Strategien und bedarfspezifische Instrumente für unterschiedliche Zielgruppen – vom Management über die Planungsebene

bis hin zur Belegschaft auf dem Hallenboden – erforderlich: So können zum Beispiel Assistenzsysteme dazu beitragen, dass niedrigqualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei ihren Tätigkeiten unterstützt werden. Darüber hinaus sollten Qualifizierungsprojekte nicht an Bereichs- und Unternehmensgrenzen enden, sondern die gesamte Lieferkette in den Blick nehmen. Dadurch kann eine frühzeitige und breite Partizipation der einzelnen Unternehmensbereiche und Beschäftigtengruppen gewährleistet werden.

- **Wissenschaftliche Begleitung:** Die Veränderungen in der Arbeitswelt sowie die daraus resultierenden inhaltlichen und methodischen Herausforderungen für die Aus- und Weiterbildung sollten weiter durch gezielte grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung flankiert werden. Die Wissenschaft könnte auf diese Weise einen wichtigen Beitrag zur Abschätzung der Auswirkungen auf die Arbeitswelt leisten, die Definition zentraler Medien- und Digitalisierungskompetenzen vorantreiben sowie die Entwicklung innovativer (Online-)Lösungen für die Ausbildung an (Hoch-)Schulen und die Qualifizierung in den Betrieben fördern.

Ein zweiter Block von Handlungsempfehlungen adressiert insbesondere die Herausforderungen für die Wirtschaft und stellt mögliche Ansatzpunkte zur Unterstützung von – vor allem kleinen und mittleren – Unternehmen bei der erfolgreichen Implementierung und Gestaltung von Industrie 4.0 vor.

- **Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren:** Die verschiedenen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren einschließlich der Kompetenzzentren Digitales Handwerk könnten als zentrale Anlaufstellen für KMU etabliert werden, in denen auch die Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0 und die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verankert und mit konkreten Angeboten (zum Beispiel Coaches, spezifische Aus- und Weiterbildungsangebote) hinterlegt werden. Auch viele der folgend genannten Ansätze und Instrumente könnten an die Kompetenzzentren als zentrale Ansprechpartner angebunden werden.
- **Vorwettbewerbliche Kooperation:** Ein wichtiger Impuls bei der Entwicklung innovativer Technologien, Produkte und Lösungen geht von der vorwettbewerblichen Kooperation von Unternehmen zur Steigerung der Marktleistung aus. Für kleine und mittlere Unternehmen könnte die vorwettbewerbliche Kooperation gleichzeitig auch entscheidende Anstöße

für den Wissenstransfer sowie die Weiterentwicklung der Unternehmenskompetenzen und der Kenntnisse der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bieten.

- **Integration aller Stakeholder:** Für die Entwicklung neuer Qualifizierungsangebote und -inhalte sowie für die erfolgreiche Umsetzung innovativer Aus- und Weiterbildungsinstrumente ist die Einbindung aller Stakeholder und ein entsprechender Dialog aller Akteure erforderlich. Dies bedeutet, dass auf nationaler, regionaler und betrieblicher Ebene alle relevanten Akteure – Unternehmen, Gewerkschaften, Betriebsräte, Unternehmensakademien, private Bildungsanbieter, Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammern und viele mehr – eingebunden werden sollten, um nachhaltige Lösungen umsetzen zu können.
- **Change Management:** Die Digitalisierung und die Umsetzung von Industrie 4.0 sind meist mit einer Veränderung der Organisationsstruktur (zum Beispiel Abbau von Hierarchien und mehr Eigenverantwortung) und der Personalstruktur (zum Beispiel Akademisierung der Belegschaft) verbunden. Aus diesem Grund sollte das Change Management als Teil der Kompetenzentwicklung in den Unternehmen und zur Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern – insbesondere von Führungskräften – in die Betriebe integriert werden. Vor allem KMU benötigen bei der Umsetzung von Change-Management-Prozessen oftmals Unterstützung von außen, wobei zu berücksichtigen ist, dass für diese Unternehmen die Einschaltung von Unternehmensberatungen oftmals nicht wirtschaftlich ist. Darüber hinaus sollte die Weiterbildung als kontinuierliche strategische Aufgabe in den Geschäftsleitungen und Personalabteilungen verankert werden.
- **Institutionalisierung der strategischen Vorausschau:** Ziel der strategischen Vorausschau ist die frühzeitige Identifikation von Chancen und Risiken für das Unternehmen und die daraus abgeleitete Ausrichtung der Unternehmensstrategie. Um das Bewusstsein und mögliche Umsetzungsstrategien für die Industrie 4.0 zu fördern, sollte die strategische Planung vor allem in KMU durch die Institutionalisierung der strategischen Vorausschau unterstützt und gestärkt werden – trotz der mitunter großen Heterogenität von KMU und deren in der Regel kurzfristigen Planungshorizontes. Die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren könnten dabei eine wichtige Rolle als Anlaufstelle und Multiplikator spielen.
- **IT-Sicherheit und passgenaue IT-Lösungen:** Das Thema IT-Sicherheit wird als wichtige Priorität bei der künftigen

Kompetenzentwicklung benannt. Gleichzeitig fehlen in diesem Bereich die Fachkräfte. Daher sollte die Ausbildung von Fachkräften in der IT-Sicherheit deutlich stärker in den Fokus genommen werden. Erforderlich ist auch ein Konzept zur Information der Unternehmen über einsetzbare Lösungen und zur Vermittlung von kompetenter Fachexpertise, um zur Steigerung der IT-Sicherheit den Transfer von Lösungen in die Unternehmen zu verbessern.

- **Rotation in der Aus- und Weiterbildung:** Zwischen einzelnen Firmen bestehen oft erhebliche Unterschiede bei der technischen Ausstattung, die sich auch auf die Qualität der Aus- und Weiterbildung auswirken. Ein Rotationsmechanismus für Auszubildende könnte daher deren Qualifizierung auf dem neuesten technischen Stand verbessern und zudem Impulse für den Wissenstransfer geben. Das Rotationsprinzip könnte auch auf die Weiterbildung bestehender Belegschaften ausgeweitet werden. Wichtig ist dabei, dass die beteiligten Firmen auf Augenhöhe miteinander kooperieren, um einen einseitigen Brain Drain etwa von kleinen und mittleren zu großen Unternehmen zu vermeiden.

Ein dritter Block von Handlungsempfehlungen bezieht sich auf die Anforderungen, die im Zuge der Digitalisierung auf verschiedene Bildungsanbieter zukommen und die konkreten Inhalte und Methoden, aber auch die Geschäftsmodelle in der Umsetzung der Aus- und Weiterbildung betreffen:

- **Ganzheitliche Dienstleistungen und Beratung:** Freie Bildungsanbieter könnten ihre Geschäftsmodelle und Leistungsportfolios zunächst um den Aspekt der Beratung von Betrieben erweitern, der das gesamte soziotechnische System umfasst (Technologie und Qualifizierung). Dafür ist ein vertieftes Verständnis der digitalen Technologien erforderlich, um Unternehmen langfristig begleiten zu können.
- **Situationsbezogenes Lernen:** Ein zweites Feld für neue Geschäftsmodelle könnte das situationsbezogene, individualisierte Lernen am Arbeitsplatz und „on demand“ sein. Hierfür sind innovative und flexible Angebote gefragt, die sich in den Arbeitsprozess integrieren lassen und situations- beziehungsweise personenspezifisch Informationen und Lerninhalte bereitstellen. Eine wichtige Grundvoraussetzung dafür ist ein arbeitsprozessbezogenes Weiterbildungssystem, das ähnlich wie das IT-Weiterbildungssystem angelegt sein könnte.
- **Qualifizierung/Produktschulung:** Für freie Bildungsanbieter kann auch die produktspezifische Schulung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein wichtiges Standbein sein, indem passend zum Produkt der entsprechende Kompetenzausbau und Qualifizierungsinhalte als Service angeboten werden. Bildungsanbieter können dabei mit den Herstellern kooperieren.
- **Skill- und Gap-Analyse:** Eine dritte Option für die Erweiterung des Geschäftsmodells von freien Bildungsanbietern können Skill- und Gap-Analysen sein. Dabei können Kompetenzniveaus und Qualifikationsdefizite von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gemessen sowie gezielte Verbesserungsstrategien entwickelt werden. Zudem ermöglichen diese Analysen eine Quantifizierung des Lernerfolgs.
- **Vermittlung der digitalen Transformation:** Zu den Kernelementen der digitalen Transformation zählen die kollaborative Arbeitsweise, Experimentierfreude, der Umgang mit Plattformen und mobilen Anwendungen sowie Tempo und Agilität. Diese sollten konkret und für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erlebbar in die Lernformate und -methoden integriert werden.
- **Non-formale und informelle Weiterbildung:** Für die künftige Aus- und Weiterbildung von Belegschaften sind bedarfsorientierte, selbstgesteuerte non-formale und informelle Aus- und Weiterbildungsoptionen wichtige Elemente. Hierbei steht vor allem die Qualifizierung in den Arbeitsprozessen im Vordergrund („Training on the job“ und „Training near the job“).
- **Aktivierung von Unternehmen:** Der Weiterbildung messen die Unternehmen einen unterschiedlich hohen Stellenwert bei. Daher sollten Betriebe durch neue Konzepte angesprochen und aktiviert werden, um die Weiterbildung gerade für das digitale Zeitalter als strategische Aufgabe wahrzunehmen und entsprechend zu integrieren.
- **Wissens- und Kompetenztransfer:** Die Hochschulen könnten stärker als bisher Partner für den Wissenstransfer sein. Denkbar ist in Anlehnung an heute schon bestehende Law Schools, dass Studierende ein reales Projekt aus einem Unternehmen bearbeiten und die Hochschule als „Problemlöser“ auftritt. Fachhochschulen bieten hier bereits einige gute Beispiele. Sinnvoll könnte auch ein Programm zum Kompetenztransfer sein. Zudem könnten von postgradualen Weiterbildungsangeboten und berufsbegleitenden Masterstudiengängen Impulse sowohl in Richtung Wissenschaft als auch in Richtung Wirtschaft ausgehen.

- **Flexibles und lebenslanges Lernen:** Das lebenslange Lernen ist für alle Bildungseinrichtungen relevant. Aus- und Weiterbildungsangebote sollten flexibel auf unterschiedliche Lebens- und Lernphasen abgestimmt werden können. Insbesondere Hochschulen sollten noch stärker für das flexible, zielgruppenspezifische und lebenslange Lernen gewonnen werden. Entsprechende Ansätze bieten beispielsweise Projektarbeiten im Studium.
- **Innovative Lehr-Lern-Lösungen:** Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten lerndidaktischen Konzepte sowie die als Demonstrator vorliegende Online-Lösung zur gezielten Vermittlung von Wissen über die Industrie 4.0 könnten als Anknüpfungspunkte für innovative Lehr-Lern-Lösungen dienen (siehe Abschnitt 4). Ferner sind ganzheitliche Ansätze für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in der Produktion sowie am Unterstützungsbedarf ausgerichtete Assistenzsysteme

relevant, wie sie zum Beispiel im Verbundprojekt APPSist entwickelt werden, dessen Projektbeirat acatech koordiniert. Darüber hinaus bieten auch Massive Open Online Courses (MOOCs), die sich insbesondere an Entscheiderinnen und Entscheider im Management und auf der Planungsebene richten, wichtige Impulse für die Kompetenzentwicklung – so etwa der MOOC zur Industrie 4.0 von acatech und dem Hasso-Plattner Institut ([www.mooc.house/acatech](http://www.mooc.house/acatech)).

Die empirischen Ergebnisse und die Handlungsempfehlungen spiegeln den bisherigen Stand des Vorhabens wider. Im weiteren Verlauf der Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 werden die Ergebnisse ausdifferenziert, um der weiteren Diskussion des Themas zu dienen. Die abschließenden Resultate und Handlungsempfehlungen werden zum Nationalen IT-Gipfel 2016 in Saarbrücken als acatech POSITION vorgelegt.

## 4 EXEMPLARISCHER ANSATZ FÜR DIE KOMPETENZENTWICKLUNG

Eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 in Unternehmen stellen das Wissen und die Kompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf allen Ebenen dar. Die Ergebnisse der Studie haben Kompetenzbedarfe von Unternehmen in diversen Themenfeldern aufgedeckt und auch die Erfordernis von spezifischen Weiterbildungsangeboten bezogen auf die Industrie 4.0 verdeutlicht. Es stellt sich daher die Frage, wie Betriebe konkret bei der Einführung von Qualifizierungsangeboten vorgehen und wie diese idealerweise methodisch-didaktisch gestaltet werden können.

Die Implementierung der Industrie 4.0 in Unternehmen und die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in diesem Themenkomplex sollten immer auf die jeweilige Organisations- und Personalstruktur Bezug nehmen und unternehmensspezifisch gestaltet werden. Wichtig ist, dass der gesamte Betrieb und damit die gesamte Belegschaft bei der Kompetenzentwicklung einbezogen und mitgenommen wird. Grundlegend berücksichtigt ein zeitgemäßer Ansatz zur Kompetenzentwicklung in Unternehmen zwei wesentliche Komponenten: zum einen die Vermittlung von Fachwissen über Industrie 4.0 (Technik, IT-, Prozess- und Methodenwissen usw.) und zum anderen eine an die Arbeitsumgebung von Industrie 4.0 angepasste Wissensvermittlung.

Unternehmen sollten sich jeweils individuell mit verschiedenen Fragestellungen befassen, damit eine zielgerichtete Kompetenzentwicklung eingeleitet werden kann. Der folgende Auszug aus einer im Rahmen des Projektes entwickelten Check-Liste dient als Anregung für kleine und mittlere Unternehmen und stellt wesentliche Fragen zusammen, die zu Beginn der Kompetenzentwicklung von den Firmen angegangen werden sollten.

- Haben Aus- und Weiterbildung den Stellenwert, der für die Herausforderungen durch die digitale Transformation erforderlich ist?
- Sind Aus- und Weiterbildung als Führungsaufgabe verankert?
- Welche Instrumente werden in der Aus- und Weiterbildung eingesetzt?
- Besteht eine Digitalisierungsstrategie im Unternehmen?
- Gibt es eine eingehende Analyse der Kompetenzbedarfe?
- Sind die einzelnen Unternehmensbereiche miteinander vernetzt?

- Wie lassen sich die Kultur- und die Organisationsstruktur beschreiben?
- Besteht eine positive Fehlerkultur zur Förderung von Innovationen?

An dieser Stelle wird ein exemplarisches Konzept zur Kompetenzentwicklung beschrieben, welches insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen als Orientierungshilfe dienen kann und erste Fragen zum Vorgehen bei der Einführung und zur Qualifikation im Bereich Industrie 4.0 beantwortet.

Der Ansatz zum Aufbau von geeigneten Industrie-4.0-Kompetenzen im Unternehmen nimmt dabei sowohl auf die verschiedenen Zielgruppen (Rollen) im Unternehmen und den Grad der Industrie-4.0-Implementierung im Unternehmen (Phasen) als auch auf kontextsensitive Lernformate Bezug – wie zum Beispiel Workshops, Präsenzseminare, kurze E-Learning-Einheiten beziehungsweise Blended-Learning-Programme (Formate).

Aus diesen Faktoren lässt sich ein zielgruppenspezifischer und bedarfsorientierter Ansatz zur Kompetenzentwicklung ableiten (siehe Abbildung 11). In Abhängigkeit ihrer Position und der Phase, in der sich ein Unternehmen gerade befindet, erhält jede Zielgruppe ein passendes Qualifizierungsformat, welches in Art und Umfang variiert. Die einzelnen Qualifizierungsformate orientieren sich dabei überwiegend am Blended-Learning-Prinzip, das heißt, E-Learning-Einheiten wechseln sich mit Präsenzphasen ab. Multimediale E-Learning-Einheiten werden bei diesem Ansatz vorzugsweise in kleine, prägnante Wissensnuggets aufgeteilt, die es den Beschäftigten ermöglichen, Wissen einfach und verständlich aufzunehmen und zu verarbeiten.

Zwei zielgruppenspezifische Qualifizierungsansätze und deren aus Unternehmensperspektive ineinandergreifender Aspekt werden im folgenden Abschnitt exemplarisch hervorgehoben: zum einen der Ansatz für die Geschäftsführungsebene, die auf das Thema aufmerksam gemacht wird und letztendlich entscheidungsfähig sein muss, und zum anderen ein Qualifizierungsformat für operative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Bei dieser Zielgruppe gilt es, eine grundlegende Akzeptanz und einen ereignisbasierten und anwendungsbezogenen Wissensaufbau sicherzustellen.

### SCHAFFUNG VON AUFMERKSAMKEIT UND RELEVANZ FÜR DAS THEMA INDUSTRIE 4.0 IM UNTERNEHMEN

Die oberste Hierarchieebene im Unternehmen – etwa Geschäftsführung oder Vorstände – ist bei der Einführung des Themas Industrie 4.0 in das Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Den verantwortlichen Personen müssen zunächst die Tragweite und die unternehmerische Relevanz der Einführung von Industrie-4.0-Komponenten bewusst werden. Langfristig sind sie in die Lage zu versetzen, richtige Entscheidungen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 zu treffen. Darüber hinaus sind sie durch ihre Vorbildfunktion im Unternehmen ein wesentlicher Hebel, wenn es darum geht, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu motivieren und Akzeptanz zu schaffen. Zur Reflexion ihrer Entscheidungen sind Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch ebenfalls ein hilfreicher Wirkmechanismus.

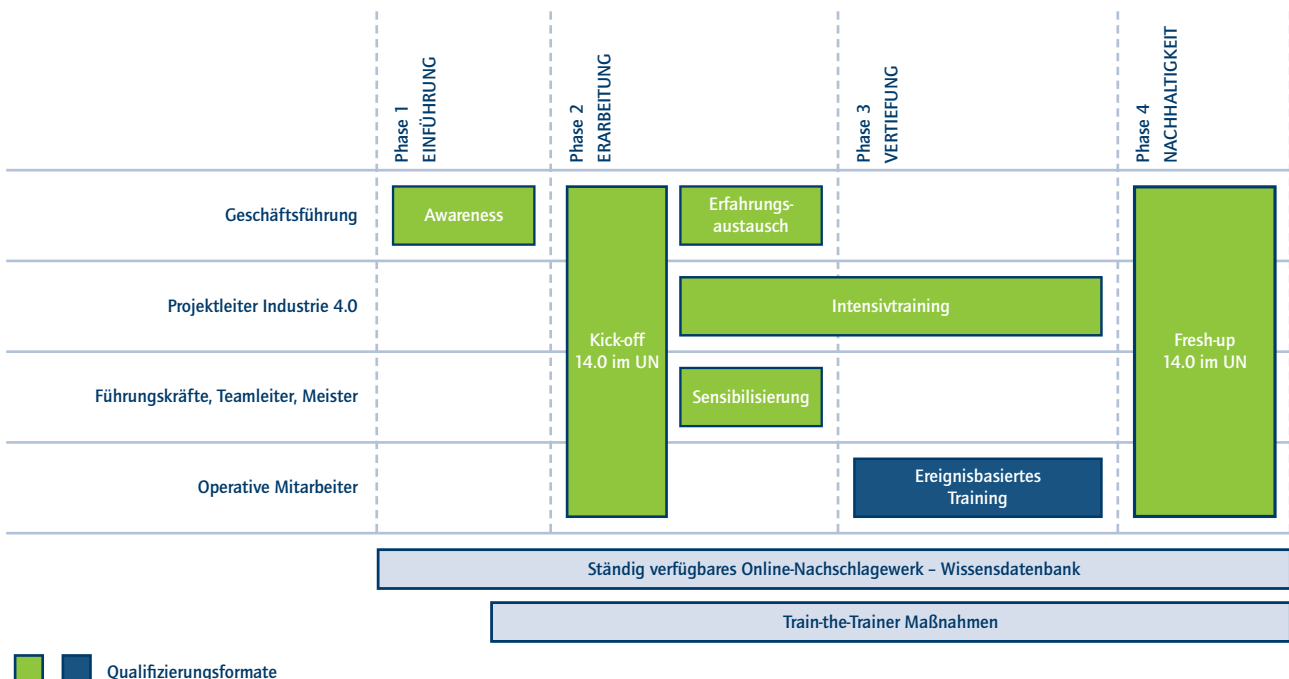
Daher empfiehlt es sich, diese Zielgruppe in einem ersten Schritt bevorzugt über digitale Wissensvermittlungskanäle mit mobilen Endgeräten und sogenannte Wissensnuggets, kurzen Lerneinheiten basierend auf einer bestimmten Fragestellung,

anzusprechen sowie inhaltlich die Grundlagen und den Nutzen von Industrie 4.0 für ihr Unternehmen deutlich zu machen (Awareness). In ihrer Funktion als Unternehmenslenker und Vorbild können sie mit der Durchführung von allgemeinen Informationsveranstaltungen für die gesamte Belegschaft zum Start des Themas Industrie 4.0 (vgl. Lernformat „Kick-off Industrie 4.0 in Unternehmen“ in Abbildung 11) dessen Relevanz unterstreichen. Die Initiierung von unternehmensübergreifenden Fachkreisen mit Gleichgesinnten fördert den Austausch. Ziel ist es, durch solche Maßnahmen ein Bewusstsein für das Thema Industrie 4.0 bei dieser Zielgruppe zu schaffen und langfristig eine Entscheidungsfähigkeit in diesem Themenfeld aufzubauen.

### EREIGNISBASIERTE WISSENSVERMITTLUNG IN DER SELBSTGESTEUERTEN PRODUKTION

Die Zielgruppe der operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wird im vorgestellten Ansatz zunächst in einer Informationsveranstaltung (vgl. Lernformat „Kick-off Industrie 4.0“ in Abbildung 11) gemeinsam mit allen Beschäftigten grundlegend

Abbildung 11: Exemplarisches Modell eines ganzheitlichen Ansatzes zur Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0



Quelle: eigene Darstellung.



über das Thema Industrie 4.0 und die Einsatzgebiete im Unternehmen informiert und für die neuen Arbeitsaufgaben sensibilisiert. Zur Schaffung von Akzeptanz spielt hierbei die Einbindung der Geschäftsleitungsebene ebenso wie der unmittelbaren Vorgesetzten eine wesentliche Rolle.

Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, den direkten Anwendungsbezug vor allem in der Arbeitsumgebung herzustellen. Wurden Industrie-4.0-Anwendungen implementiert, benötigen die operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im laufenden Betrieb einen ereignisbezogenen Zugang zu Wissen. Beispielhafte Ereignisse können der Ausfall einer Maschine oder auch das Entdecken einer unerwarteten Fehlmenge in einem Lager sein. Die situationsbezogene Bereitstellung von Wissensnuggets über mobile Endgeräte, die dann als Assistenzsysteme fungieren, stellt hierbei einen zentralen Aspekt dar. Das Lernsystem und damit die Bereitstellung der Wissensnuggets können an die IT-Systeme des Unternehmens gekoppelt werden, sodass relevante Wissensbausteine bedarfsgerecht erscheinen. Die Beschäftigten werden abhängig von den von ihnen gewählten Wissensnuggets über Lernpfade – also die

kompetenzbasierte Koppelung von Wissensnuggets – durch das System geleitet, bis sie die Fortführung des Arbeitsvorganges bestätigen. So können während des Betriebes Informationen, Handlungsanweisungen oder eine Entscheidungsunterstützung aufgerufen und genutzt werden. Auf diese Weise werden Stützprozesse verkürzt und Beschäftigte flexibler einsetzbar, da der Mensch in die Lage versetzt wird, selbstständiger zu agieren.

Abschließend wird in Abbildung 12 dargestellt, wie sich die Oberfläche des Lernsystems beim Eintreten eines Störfalls automatisch verändert und individualisiert sowie bedarfsspezifisch die relevanten Wissensnuggets und Inhalte aufgerufen werden. Anhand dieser Methode wird sichergestellt, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch den hohen Anwendungsbezug nicht nur Wissen aufbauen, sondern dieses auch anwenden. Darüber hinaus ist es dank der Offenheit und Erweiterbarkeit des Lernsystems möglich, geeignete vorhandene Inhalte und Medien zu übernehmen. Welche Inhalte dabei präsentiert werden, soll in Zukunft auch von der Nutzung (Learning Analytics) durch die Anwendenden abhängig gemacht werden.

Abbildung 12: Demonstrator (Tablet)



#### Erläuterung der Ansichten auf dem Demonstrator:

(1) Wissensnuggets, (2) Störfallmeldung einer Maschine, (3) Neuordnung der Wissensnuggets für einen Mitarbeiter in Abhängigkeit seines Wissens für den aufgetretenen Störfall, (4) Aufruf des relevanten Wissensnuggets

Quelle: eigene Darstellung.

## 5 ANHANG

### 5.1 GLOSSAR

**Assistenzsysteme:** Solche sowohl aus Software als auch aus Hardware bestehenden Systeme unterstützen (assistieren) dem Menschen bei der Bewältigung von dessen Aufgaben. Diese Hilfe kann beispielsweise in der Vorbereitung der Entscheidungsfindung bei Planungsproblemen (wie im Falle logistischer Assistenzsysteme) bestehen oder bei der ereignisbasierten Unterstützung der operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mithilfe mobiler smarterer Endgeräte erfolgen.

**Industrie 4.0:** Der Terminus bezeichnet einen tiefgreifenden ökonomischen Paradigmenwechsel, der die Entwicklung hochflexibler Wertschöpfungsketten, neuer Geschäftsmodelle und innovativer Services beschreibt. Kennzeichen der Industrie 4.0 sind die Fertigung individualisierter Produkte bis hin zur Losgröße eins unter den Bedingungen einer hochflexibilisierten Produktion sowie die Entwicklung von Verfahren zur Selbstoptimierung, -konfiguration und -diagnose. Gesteuert wird die Fabrik der Zukunft von gut ausgebildetem Personal, das bei der komplexen Kommunikation und Interaktion mit den Maschinen durch auf den Arbeitsplatz zugeschnittene und individualisierte Informationen unterstützt wird (vgl. acatech 2015: 14).

**Infrastruktur-/organisationsbezogene Kompetenzen beziehungsweise Fähigkeiten:** In dieser Kategorie lassen sich heterogene Unternehmenskompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten bündeln, die auf die grundlegende (technische) Infrastruktur (zum Beispiel Netzwerk-/Datenbankadministration oder IT-Architekturen) sowie auf die Organisationsstruktur und Unternehmenskultur (zum Beispiel Führungskompetenz oder eigenverantwortliche Entscheidungen) ausgerichtet sind.

**IT-Kompetenz:** Mit dem Begriff IT-Kompetenz wird im engeren Sinne Spezialwissen im Bereich (der Entwicklung von) Software sowie Informations- und Kommunikationstechnologien

zusammengefasst (zum Beispiel Coding oder das Zusammenspiel von Hard- und Software); im weiteren Sinne kann unter IT-Kompetenz auch ein grundlegendes Verständnis für die Prozesse und Anwendungen von Softwareprogrammen oder Informations- und Kommunikationstechnologien verstanden werden – oft mit einer interdisziplinären und bereichsübergreifenden Ausrichtung.

**Medien- und Digitalisierungskompetenz:** Medienkompetenzen beinhalten insbesondere den technischen und organisatorischen Umgang mit neuen Medien. Digitalisierungskompetenzen bezeichnen das Wissen über die Wirkmechanismen der Digitalisierung und die Spielregeln in der digitalen Welt. Medien- und Digitalisierungskompetenzen beschreiben gemeinsam die Fähigkeiten zur Beherrschung, Anwendung und kritischen Einordnung digitaler Technologien.

**Prozess-/kundenorientierte Kompetenzen beziehungsweise Fähigkeiten:** In dieser Kategorie werden Unternehmenskompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten erfasst, die insbesondere interne und externe Prozesse von Unternehmen (zum Beispiel Prozessmanagement oder zunehmendes Prozess-Knowhow) sowie den Umgang mit und die Anforderungen von Kunden (zum Beispiel Kundenbeziehungsmanagement oder Dienstleistungsorientierung) fokussieren.

**Technologie-/datenorientierte Kompetenzen beziehungsweise Fähigkeiten:** In dieser Kategorie werden Unternehmenskompetenzen und Mitarbeiterfähigkeiten zusammengefasst, die auf die Beherrschung und Entwicklung von bestimmten Technologien (zum Beispiel Cloud-Architekturen oder Fähigkeit zum Austausch mit Maschinen) sowie auf den Umgang mit und die Analyse von Daten (zum Beispiel Datenauswertung und -analyse oder interdisziplinäres Denken und Handeln) ausgerichtet sind.

## 5.2 LITERATUR

acatech (2013) (Hrsg.): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, URL: <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-40-abschlussbericht-des-arbeitskreises-i.html> [Stand: 8. März 2016].

acatech (2015) (Hrsg.): *Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft* (Abschlussbericht), URL: <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/abschlussbericht-smart-service-welt-umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-internetbas.html> [Stand: 8. März 2016].

acatech (2016) (Hrsg.): *Die digitale Transformation gestalten. Was Personalvorstände zur Zukunft der Arbeit sagen. Ein Stimmungsbild aus dem Human Resources-Kreis von acatech und Jacobs Foundation* (acatech IMPULS), München: Herbert Utz Verlag 2016.

Acemoglu, Daron/Autor, David (2010): „Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings“, in: *NBER Working Paper*, Nr. 16082, URL: <http://www.nber.org/papers/w16082.pdf> [Stand: 8. März 2016].

Autor, David/Levy, Frank/Murnane, Richard (2003): „The Skill Content of Recent Technological Change. An Empirical Exploration“, in: *The Quarterly Journal of Economics*, Jg. 118, Nr. 4: 1279–1333.

Brynjolfsson, Erik/McAfee, Andrew (2011): *Race Against The Machine. How the Digital Revolution Is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Digital Frontier Press.

Deloitte (2013): *Digitalisierung im Mittelstand*, URL: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Mittelstand/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf> [Stand: 9. März 2016].

Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2014): *Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun*, URL: [http://www.dihk.de/ressourcen/downloads/ihk-unternehmensbarometer-digitalisierung.pdf/at\\_download/file?mdate=1423127136758](http://www.dihk.de/ressourcen/downloads/ihk-unternehmensbarometer-digitalisierung.pdf/at_download/file?mdate=1423127136758) [Stand: 9. März 2016].

Evangelista, Rinaldo/Guerrieri, Paolo/Meliciani, Valentina (2014): „The Economic Impact of Digital Technologies in Europe“, in: *Economics of Innovation and New Technology*, Jg. 23, Nr. 8: 802–824.

Frey, Carl Benedikt/Osborne, Michael A. (2013): *The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*, URL: [http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf) [Stand: 8. März 2016].

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Einleitung: „Digitalisierung industrieller Arbeit“, in: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*, Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft: 9–30.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut/ten Hompel, Michael (2015): „Digitalisierung industrieller Arbeit. Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze“, in: Bauernhansl, Thomas/ten Hompel, Michael/Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0. Produktion. Automatisierung und Logistik*, Springer: Berlin/Heidelberg: 1–20.

Ingenics (2014) (Hrsg.): *Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung*, URL: [https://www.ingenics.de/assets/downloads/de/Industrie40\\_Studie\\_Ingenics\\_IAO\\_VM.pdf](https://www.ingenics.de/assets/downloads/de/Industrie40_Studie_Ingenics_IAO_VM.pdf) [Stand: 9. März 2016].

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2015) (Hrsg.): *Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy. Scenario calculations in line with the BIBB-IAB qualifications and occupational field projections*, IAB-Forschungsbericht Nr. 8/2015, URL: [http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815\\_en.pdf](http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815_en.pdf) [Stand: 8. März 2016].

McKinsey (2011) (Hrsg.): *Internet matters. The Net's Sweeping Impact on Growth, Jobs, and Prosperity*, URL: <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/internet-matters> [Stand: 8. März 2016].

Spath, Dieter/Ganschar, Oliver/Gerlach, Stefan/Hämmerle, Moritz/Krause, Tobias/Schlund, Sebastian (2013): *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*, URL: [http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie\\_Produktionsarbeit\\_der\\_Zukunft-Industrie\\_4\\_0.pdf](http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4_0.pdf) [Stand: 9. März 2016].

Zuboff, Shoshana (1988): *In the Age of the Smart Machine. The Future of Work and Power*, Basic Books: New York.

Zuboff, Shoshana (2010): „Creating value in the age of distributed capitalism“, in: *McKinsey Quarterly*, Nr. 3, URL: <http://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/creating-value-in-the-age-of-distributed-capitalism> [Stand: 8. März 2016].

# PROJEKT

## Projektleitung

### Prof. Dr. Michael ten Hompel

Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen, Technische Universität Dortmund  
Geschäftsführender Institutsleiter, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund

## Projektgruppe

### Prof. Dr.-Ing. Rainer Anderl

Fachgebietsleiter Datenverarbeitung in der Konstruktion, Technische Universität Darmstadt

### Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Seniorprofessor, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn

### Prof. Dr. Christoph Meinel

Wissenschaftlicher Direktor und Geschäftsführer, Hasso-Plattner-Institut, Potsdam

### Prof. Dr. Dr.-Ing. Thomas Schildhauer

Gründer und Direktor, Institute of Electronic Business, Berlin

## Weitere Expertinnen und Experten

### Maria Beck

Head of Qualification and Knowledge Transfer, EffizienzCluster Management GmbH

### Prof. Dr. Niclas Schaper

Lehrstuhl für Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Paderborn

### Prof. Dr. Günter Maier

Lehrstuhl für Arbeits- und Organisationspsychologie, Universität Bielefeld

### Lars Nagel

Head of Innovation and Technology Transfer, EffizienzCluster Management GmbH

## Projektteam

### Jan Cirullies

Leiter Logistische Assistenzsysteme und Simulation, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund

### Gregor Engelmeier

Leiter IT, equeo GmbH, Berlin

### Thomas Flum

Geschäftsführer, equeo GmbH, Berlin

### Dr. Andreas Heindl

Wissenschaftlicher Referent, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München

### Tim Kaufhold

Leiter Unternehmensentwicklung, equeo GmbH, Berlin

### Dr. Christian Schwede

Leiter Abteilung Informationslogistik und Assistenzsysteme, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund

### Markus Zajac

Abteilung Informationslogistik und Assistenzsysteme, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund

## Koordination

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Geschäftsstelle, Karolinenplatz 4, 80333 München

### Dr. Johannes Winter

Leiter Themenschwerpunkt Technologien  
Telefon: +49 89/5 20 30 9-14  
E-Mail: winter@acatech.de

### Dr. Andreas Heindl

Referent Technologien  
Telefon: +49 89/5 20 30 9-62  
E-Mail: heindl@acatech.de

### Internet

<http://www.acatech.de/de/projekte/projekte/kompetenzentwicklungsstudie-industrie-40.html>

[www.iml.fraunhofer.de/kompetenzentwicklung](http://www.iml.fraunhofer.de/kompetenzentwicklung)

### Förderung

Bundesministerium für Bildung und Forschung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

### Projektbegleitung

Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt

### Laufzeit

06/2015–11/2016

### Redaktion

Dr. Andreas Heindl

Linda Treugut